

Diversificación de especies en la piscicultura marina española



EMILIA ABELLÁN MARTÍNEZ
IGNACIO ARNAL ATARÉS
(Coordinadores)

Diversificación de especies en la piscicultura marina española



**EMILIA ABELLÁN MARTÍNEZ
IGNACIO ARNAL ATARÉS**
(Coordinadores)

**SALVADOR JEREZ HERRERA
ROSA M.^a CAL RODRÍGUEZ
JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ VILLANUEVA
BERNARDO FERNÁNDEZ SOUTO
ELENA PASTOR GRACIA
AMALIA GRAU JOFRE
MARTA ARIZCUN ARIZCUN
JOSÉ BENITO PELETEIRO ALONSO
M.^a ÁNGELES BRUZÓN GALLEGRO
JOSÉ PEDRO CAÑAVATE HORS
FERNANDO DE LA GÁNDARA GARCÍA
AURELIO ORTEGA GARCÍA
MERCEDES OLMEDO HERRERO
JUANA R. CEJAS PULIDO
SALVADOR CÁRDENAS ROJAS**

**OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**

MADRID, 2013

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse, o transmitirse en manera alguna por ningún medio ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, sólo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.



Catálogo general de publicaciones de la Fundación OESA:
<http://www.fundacionoesa.es/publicaciones>

Serie:

**Publicaciones Científicas y Tecnológicas
de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura**

Publicado por:

© Fundación Observatorio Español de Acuicultura
© Instituto Español de Oceanografía

Diseño y maquetación:

DiScript Preimpresión, S. L.

Disponible en:

Fundación Observatorio Español de Acuicultura
www.fundacionoesa.es

También existe a disposición un catálogo de las publicaciones de FOESA en:
www.fundacionoesa.es/publicaciones



Aviso legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.



Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones
Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

e-ISBN: 978-84-939800-1-6

e-NIPO: 280-13-157-X

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
1. CULTIVO DE CARÁNGIDOS: LA SERIOLA Y EL JUREL DENTÓN	17
1.1. INTRODUCCIÓN	22
1.1.1. Morfología	23
1.1.2. Distribución y hábitat	25
1.1.3. Alimentación	27
1.1.4. Crecimiento	28
1.1.5. Reproducción	29
1.1.6. Captura, producción cultivo y valor comercial	30
1.2. CULTIVO	32
1.2.1. Obtención de ejemplares y reproductores	34
1.2.2. Adaptación a la cautividad, alimentación y aspectos nutricionales	36
1.2.3. Reproducción inducida y natural	41
1.2.4. Obtención de puestas	42
1.2.5. Incubación y cultivo larvario	44
1.2.6. Preengorde y engorde	47
1.2.7. Patologías	56
1.3. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	59
1.4. BIBLIOGRAFÍA	61
2. CULTIVO DE GÁDIDOS: LA MERLUZA EUROPEA Y EL ABADEJO ..	69
2.1. ORDEN GADIFORMES	72
2.2. LA MERLUZA EUROPEA: <i>MERLUCCIVS MERLUCCIVS</i>	73
2.2.1. Cultivo de la merluza europea	75
2.2.1.1. Obtención y mantenimiento de reproductores	77
2.2.1.2. Obtención de puestas	78
2.2.1.3. Obtención, caracterización y conservación de esperma	80
2.2.1.4. Desarrollo embrionario	82



2.2.1.5. Desarrollo larvario	83
2.2.1.6. Crecimiento	87
2.2.2. Perspectivas de futuro	89
2.3. EL ABADEJO: <i>POLLACHIUS POLLACHIUS</i> (LINNAEUS, 1758)	90
2.3.1. Cultivo del abadejo	92
2.3.1.1. Reproducción y manejo de reproductores	93
2.3.1.2. Incubación	96
2.3.1.3. Cultivo larvario	97
2.3.1.4. Preengorde y engorde	100
2.3.1.5. Patología	106
2.3.2. Conclusiones	107
2.4. AGRADECIMIENTOS	108
2.5. BIBLIOGRAFÍA	108
3. CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. I: LA CORVINA	115
3.1. INTRODUCCIÓN	120
3.2. CRIANZA	125
3.2.1. Reproducción y puesta	125
3.2.2. Puesta en cautividad	127
3.2.3. Cría larvaria	131
3.2.4. Pre-engorde	135
3.2.5. Alimentación larvaria	135
3.2.6. Crecimiento y supervivencia	136
3.2.7. Problemas de su cría larvaria	139
3.2.8. Engorde	140
3.2.9. Condiciones de manejo	143
3.2.10. Patologías durante la crianza	144
3.2.11. Perspectivas de la crianza	146
3.3. AGRADECIMIENTOS	147
3.4. BIBLIOGRAFÍA	147
4. CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. II: EL VERRUGATO Y EL CORVALLO ...	155
4.1. INTRODUCCIÓN	159
4.2. VERRUGATO (<i>UMBRINA CIRROSA</i>)	160



4.2.1. Introducción	160
4.2.1.1. Sistemática y denominaciones	160
4.2.1.2. Morfología	161
4.2.1.3. Distribución y hábitat	162
4.2.1.4. Biología	162
4.2.1.5. Producción y mercados	163
4.2.2. Cultivo	164
4.2.2.1. Reproducción y puesta	165
4.2.2.2. Incubación	168
4.2.2.3. Cultivo Larvario	169
4.2.2.4. Preengorde y engorde	176
4.2.2.5. problemas patológicos	178
4.2.3. Perspectivas de cultivo	180
4.2.4. Conclusión	183
4.3. CORVALLO (<i>SCIAENA UMBRA</i>)	183
4.3.1. Introducción	183
4.3.1.1. Sistemática y denominaciones	183
4.3.1.2. Morfología	183
4.3.1.3. Distribución y hábitat	184
4.3.1.4. Biología	185
4.3.1.5. Producción y mercados	188
4.3.2. Cultivo	189
4.3.3. Perspectivas de cultivo	191
4.3.4. Conclusión	192
4.4. AGRADECIMIENTOS	193
4.5. BIBLIOGRAFÍA	193
5. CULTIVO DE SERRÁNIDOS: EL MERO Y LA CHERNA	199
5.1. LA CHERNA: <i>POLYPRION AMERICANUS</i> (SCHNEIDER, 1801)	205
5.1.1. Introducción	205
5.1.2. Cultivo	209
5.1.2.1. Reproducción y puesta	209
5.1.2.2. Incubación, cultivo larvario	215
5.1.2.3. Preengorde y engorde	216
5.1.2.4. Perspectivas de cultivo	220



5.2. EL MERO: <i>EPINEPHELUS MARGINATUS</i> (LOWE, 1834)	221
5.2.1. Introducción	221
5.2.1.1. Situación actual de las pesquerías de mero en el Sur de España	225
5.2.2. Cultivo	227
5.2.2.1. Reproducción y puesta	227
5.2.3. Patologías	237
5.2.4. Perspectivas de cultivo	237
5.3. BIBLIOGRAFÍA	237
6. CULTIVO DE SOLEIDOS: EL LENGUADO SENEGALÉS	243
6.1. INTRODUCCIÓN	247
6.2. OBTENCIÓN DE PUESTAS EN CAUTIVIDAD	250
6.3. PRODUCCIÓN DE ALEVINES DE LENGUADO	256
6.4. ENGORDE DE JUVENILES DE LENGUADO	265
6.5. PERSPECTIVAS DE FUTURO EN EL CULTIVO DE <i>SOLEA SENEGALENSIS</i>	271
6.6. AGRADECIMIENTOS	272
6.7. REFERENCIAS	272
7. CULTIVO DE ESCÓMBRIDOS: EL ATÚN ROJO Y EL BONITO ATLÁNTICO	281
7.1. INTRODUCCIÓN	285
7.2. ATÚN ROJO (<i>THUNNUS THYNNUS</i>)	286
7.2.1. Cultivo	290
7.2.2. Reproducción en cautividad	294
7.2.3. Incubación y cultivo larvario	298
7.2.4. Preengorde y engorde	304
7.2.5. Perspectivas de cultivo	305
7.3. BONITO ATLÁNTICO (<i>SARDA SARDA</i>)	306
7.3.1. Cultivo	307
7.3.2. Reproducción en cautividad	308
7.3.3. Incubación y cultivo larvario	310
7.3.4. Preengorde y engorde	315
7.3.5. Perspectivas de cultivo	316
7.4. BIBLIOGRAFÍA	316



8. CULTIVO DE ESPÁRIDOS. I: EL DENTÓN	321
8.1. INTRODUCCIÓN	326
8.1.1. Características de la especie	326
8.1.1.1. Morfología	326
8.1.1.2. Distribución geográfica y hábitat	327
8.1.1.3. Alimentación	328
8.1.1.4. Reproducción	328
8.1.1.5. Crecimiento	330
8.1.2. Producción, mercado actual y potencial	330
8.2. REPRODUCCIÓN Y PUESTA EN CAUTIVIDAD	332
8.2.1. Origen y mantenimiento de reproductores	332
8.2.2. Sexualidad del dentón en cautividad. Categorías sexuales	334
8.2.3. Diferenciación sexual. Maduración en cautividad	336
8.2.4. Puesta e incubación	337
8.2.5. Control de puestas	340
8.2.6. Dieta de los reproductores	340
8.3. CULTIVO LARVARIO	342
8.3.1. Técnicas de cultivo	344
8.3.1.1. Cultivo intensivo	344
8.3.1.2. Cultivo semiintensivo y semiextensivo	345
8.3.2. Alimentación larvaria	346
8.3.2.1. Destete	347
8.3.2.2. Necesidades nutricionales en ácidos grasos	348
8.3.2.3. Fisiología digestiva	350
8.3.3. Factores ambientales	350
8.3.4. Crecimiento y supervivencia	351
8.4. ENGORDE. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN	354
8.4.1. Fisiología digestiva	359
8.5. PATOLOGÍAS	360
8.5.1. Infecciones bacterianas	362
8.5.2. Parasitosis	362
8.5.3. Malformaciones esqueléticas	363
8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	363
8.7. BIBLIOGRAFÍA	365



9. CULTIVO DE ESPÁRIDOS. II: EL BESUGO	375
9.1. INTRODUCCIÓN	379
9.2. CULTIVO DE BESUGO	382
9.2.1. Reproducción y puesta	382
9.2.2. Incubación	385
9.2.3. Cultivo Larvario	387
9.2.3.1. Sistema y condiciones de cultivo	387
9.2.3.2. Secuencia de alimentación	387
9.2.3.3. Renovaciones del medio y limpieza de los tanques de cultivo	388
9.2.3.4. Controles del medio de cultivo	389
9.2.3.5. Crecimiento y supervivencia	389
9.2.3.6. Destete. Transferencia de alimento vivo a alimento inerte	391
9.2.4. Preengorde	392
9.2.5. Engorde	393
9.2.6. Perspectivas de cultivo	398
9.3. AGRADECIMIENTOS	398
9.4. BIBLIOGRAFÍA	399
10. CULTIVO DE ESPÁRIDOS. III: EL PARGO	403
10.1. INTRODUCCIÓN	408
10.1.1. Morfología	409
10.1.2. Distribución geográfica y hábitat	409
10.1.3. Alimentación	410
10.1.4. Reproducción	411
10.1.5. Crecimiento en el medio natural	411
10.1.6. Producción, mercado actual y potencial	412
10.2. CULTIVO DE PARGO	413
10.2.1. Reproducción	414
10.2.1.1. Desarrollo gonadal, inversión sexual y edad de primera madurez ...	415
10.2.1.2. Época de puesta	417
10.2.1.3. Maduración gonadal y secuencia de emisión de puestas	418
10.2.1.4. Rendimiento y calidad de puesta	421
10.2.1.5. Alimentación de los reproductores y gasto energético	423
10.2.2. Cultivo larvario	424
10.2.2.1. Características de huevos y larvas	424



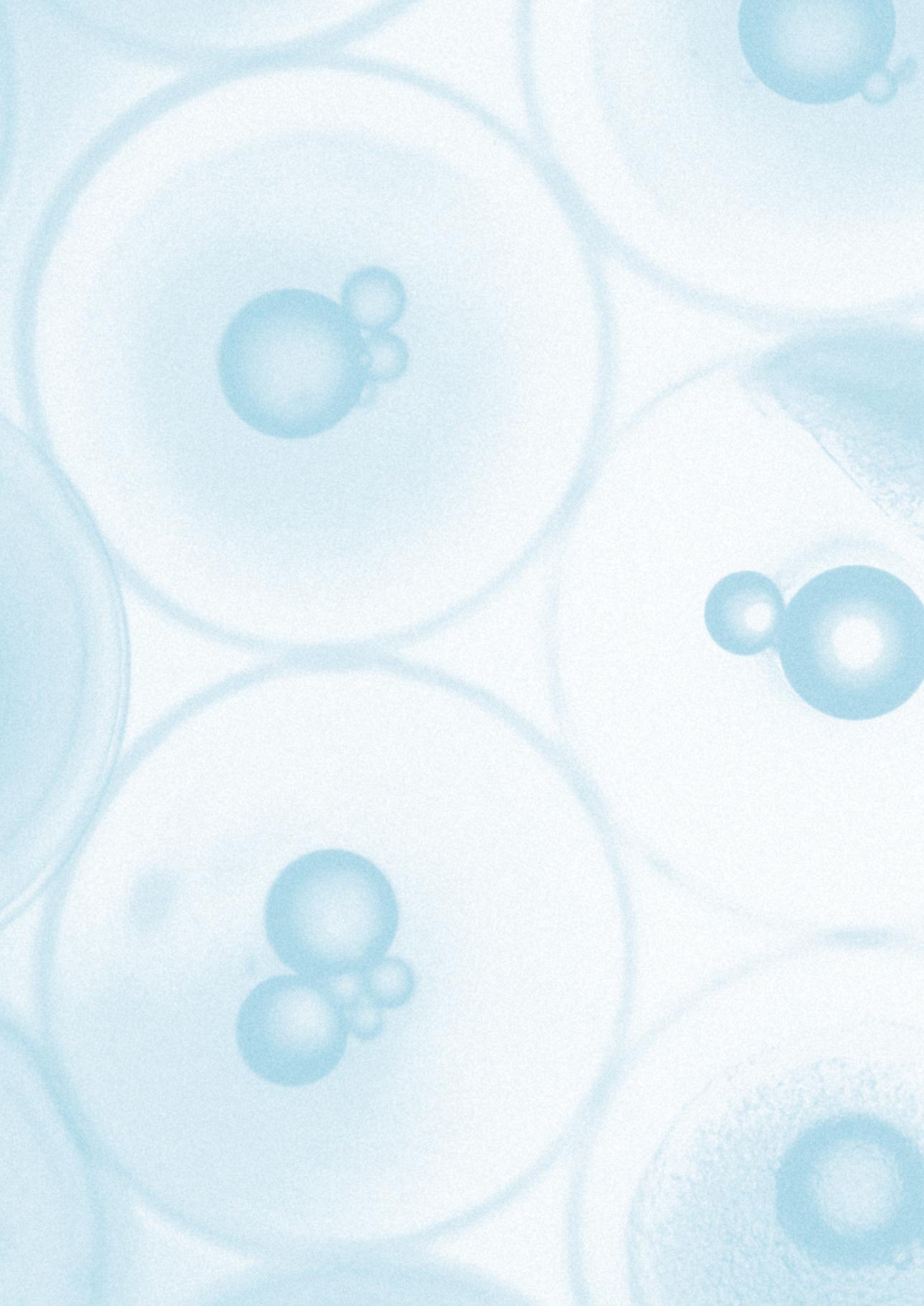
10.2.2.2. Técnicas de cultivo larvario. Infraestructura, metodologías y resultados.....	426
10.2.2.3. Momentos críticos y picos de mortalidad durante el cultivo larvario.....	430
10.2.3. Preengorde.....	432
10.2.3.1. Transporte de alevines.....	433
10.2.4. Engorde.....	434
10.2.4.1. Influencia de diversos factores sobre el crecimiento.....	437
10.2.4.2. Requerimientos nutricionales.....	439
10.2.4.3. Problemas de coloración-Requerimiento de pigmentos.....	440
10.2.5. Problemas específicos de manejo y patología.....	445
10.3. PERSPECTIVAS DE CULTIVO.....	447
10.4. BIBLIOGRAFÍA.....	449
11. CULTIVO DE ESPÁRIDOS. IV: LA URTA.....	457
11.1. INTRODUCCIÓN.....	465
11.2. BIOLOGÍA.....	466
11.2.1. Morfología y anatomía.....	466
11.2.2. Distribución biogeográfica, crecimiento y alimentación.....	467
11.2.3. Reproducción.....	469
11.2.3.1. Inversión sexual.....	469
11.2.3.2. Estructura sexual.....	469
11.2.3.3. Época de reproducción y fecundidad.....	471
11.3. REPRODUCCIÓN EN CAUTIVIDAD.....	471
11.3.1. Captura y mantenimiento de reproductores.....	471
11.3.2. Duración y época de la puesta.....	473
11.3.3. Producción de huevos.....	474
11.3.4. Influencia de la temperatura y de las fases lunares sobre la puesta ..	476
11.4. LARVICULTURA.....	477
11.5. ENGORDE.....	482
11.6. PATOLOGÍA.....	483
11.6.1. Malformaciones esqueléticas.....	483
11.6.2. Infecciones bacterianas y víricas.....	485
11.6.3. Parásitos.....	485



11.7. GENÉTICA	486
11.7.1. Filogenia	486
11.7.2. Genómica	486
11.7.3. Identificación de especies	487
11.7.4. Mejora genética	487
11.7.5. Expresión génica	487
11.7.6. Producción del híbrido «PAGURTA»	488
11.8. CALIDAD ALIMENTARIA	489
11.9. AGRADECIMIENTOS	490
11.10. BIBLIOGRAFÍA	490
12. CULTIVO DE OTRAS ESPECIES A CONSIDERAR	501
12.1. INTRODUCCIÓN	504
12.1.1. Múgiles, mújoles o mugílicos	506
12.1.2. Sargo picudo	509
12.1.3. Sargo	511
12.1.4. Rémol	512
12.1.5. Acedía	514
12.1.6. Llampuga, lampuga o dorado	515
12.1.7. Salmonetes de fango y de roca	516
12.1.8. Cobia	517
12.2. BIBLIOGRAFÍA	519

INTRODUCCIÓN





INTRODUCCIÓN

**Ignacio Arnal Atarés
y Emilia Abellán Martínez**

Los recursos vivos marinos proporcionan una importante fuente de proteína en muchos países del mundo. Las capturas mundiales por pesca tienden a estabilizarse y la demanda mundial de pescado es cada vez mayor debido al incremento de la población (1,6% anual). Según las previsiones de la FAO, la acuicultura será la única opción para mantener la actual proporción de pescado en la dieta y los futuros incrementos en producción de productos acuáticos sólo podrán provenir de la acuicultura, tal como viene sucediendo en los últimos años. Esta situación ha sido la causa de que Estados e Instituciones (como la UE) tomaran medidas con objeto de favorecer el desarrollo de la acuicultura.

Con un índice medio de crecimiento anual del 8,3%, la acuicultura crece a un ritmo más rápido que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. Su aportación a los abastecimientos mundiales de pescado, crustáceos y moluscos pasó del 3,9% de la producción total en 1970, al 40,1% en 2011, y se prevé que este porcentaje alcance el 50% en 2025 (FAO). Los peces representaron en 2011 más de la mitad de la producción acuícola mundial (66%), pero el incremento de la producción se ha producido en todos los grupos de especies (vegetales, moluscos, crustáceos, etc.).

La acuicultura es una fuente importante de productos acuáticos de calidad en Europa. En 2009 se produjeron en la Unión Europea 1 361 731 t de productos de la acuicultura. Esta cifra representó el 20,4% de la producción acuática total (acuicultura y pesca) de la UE,



lo que supone un ligero aumento en su importancia relativa respecto del año anterior en el que fue del 19,8%.

España es el Estado Miembro de la UE con una mayor producción acuícola en peso, con 268 457 t en 2009 (20,6% del total de la UE-27), seguido de Francia con 236 439 t (18,2%) e Italia con 162 325 t (12,5%) (EUROSTAT). La acuicultura marina española ha basado su desarrollo en el cultivo de pocas especies, y con clara dominancia del mejillón (227 590 t en 2011), al que siguen a considerable distancia la dorada, la lubina y el rodaballo con producciones de 16 032, 14 876 y 6 223 t, respectivamente, en el mismo año.

La diversificación de la piscicultura marina es una cuestión recurrente de la que se viene hablando desde el comienzo mismo de los cultivos marinos. Cuando se habla de diversificación suelen incluirse tres conceptos: de especies (aumento del número de especies cultivadas), de sistemas de producción (aprovechamiento de nuevas áreas o tecnologías de cultivo) y de productos (productos transformados del pescado, además del pescado fresco).

Hay que considerar que la situación de partida de la acuicultura española bien avanzado el siglo XX era la práctica existencia de dos monocultivos: uno en aguas continentales (trucha arco-iris, en estanques en tierra firme, presentada como trucha porción entera fresca) y otro en aguas marinas (mejillón, en batea, con dos productos: para consumo fresco y para enlatado).

Considerando los peces marinos, la diversificación está avanzando en las costas españolas conforme a los tres ejes citados:

- En cuanto a sistemas de producción se han desarrollado, por ejemplo, los sistemas de recirculación o la tecnología de cultivo en jaulas flotantes o sumergidas, ocupando zonas en mar abierto, cada vez más alejadas de la costa (jaulas *offshore*).
- En cuanto a los productos, cualquier visita a los mostradores de los centros comerciales puede dar buena idea de la variedad de productos (o presentaciones) que se han introducido en la oferta a los consumidores. Ya es habitual encontrar en los mercados peces cultivados eviscerados, fileteados, en fresco y congelados, transformados (ahumados, marinados, ...), precocinados, etc.



- En lo que se refiere a diversificación de especies (asunto sobre el que versa este libro), además de los cultivos de dorada, lubina y rodaballo, establecidos en las aguas españolas hace ya algunos años, se han implantado más recientemente la corvina, el besugo o el lenguado, existiendo más especies sobre las que se está trabajando para desarrollar las técnicas de su cultivo.

Las fuerzas que impulsan la diversificación del número de especies pueden ser de tres clases: la adaptación a las condiciones ambientales de distintos lugares, la conveniencia de diversificar los riesgos concentrados en una sola especie y el deseo de satisfacer a los consumidores. Pero también hay que tener en cuenta que el modelo de desarrollo de la piscicultura está cambiando en los últimos años, pasando de un modelo de gestión orientada a la producción a otro orientado al marketing para aumentar el número de consumidores, atrayéndolos con nuevos productos, sean especies o presentaciones, que no existen hoy en el mercado, evitando así la competencia con producciones ya existentes. Por ello, un factor muy importante a considerar por los centros de investigación para plantear el desarrollo del cultivo de nuevas especies debe ser el comercial, priorizando aquellas especies que tengan un mercado potencial asegurado.

A principios de los noventa se iniciaron los primeros estudios sobre especies potencialmente cultivables y a finales de dicha década se estaba investigando en Europa (principalmente en el Mediterráneo) sobre, aproximadamente, una treintena de especies de peces marinos, pertenecientes a 14 familias. En esa época, en España se estaba trabajando con 15 de estas especies.

Por diferentes razones, el esfuerzo investigador para desarrollar técnicas de cultivo de nuevas especies no se ha visto reflejado en la producción de las mismas. Actualmente, el grado de desarrollo de cultivo es diferente en cada una de las especies consideradas, de forma que alguna de ellas, como la corvina, ya han alcanzado un cierto nivel de producción (2 220 t en 2011). Otras se han incorporado al sector industrial aunque con una producción testimonial, como ocurre con el lenguado (206 t en 2011) y el besugo (245 t en 2011). Hay otro grupo de especies en las que, aunque se ha alcanzado cierto nivel de desarrollo



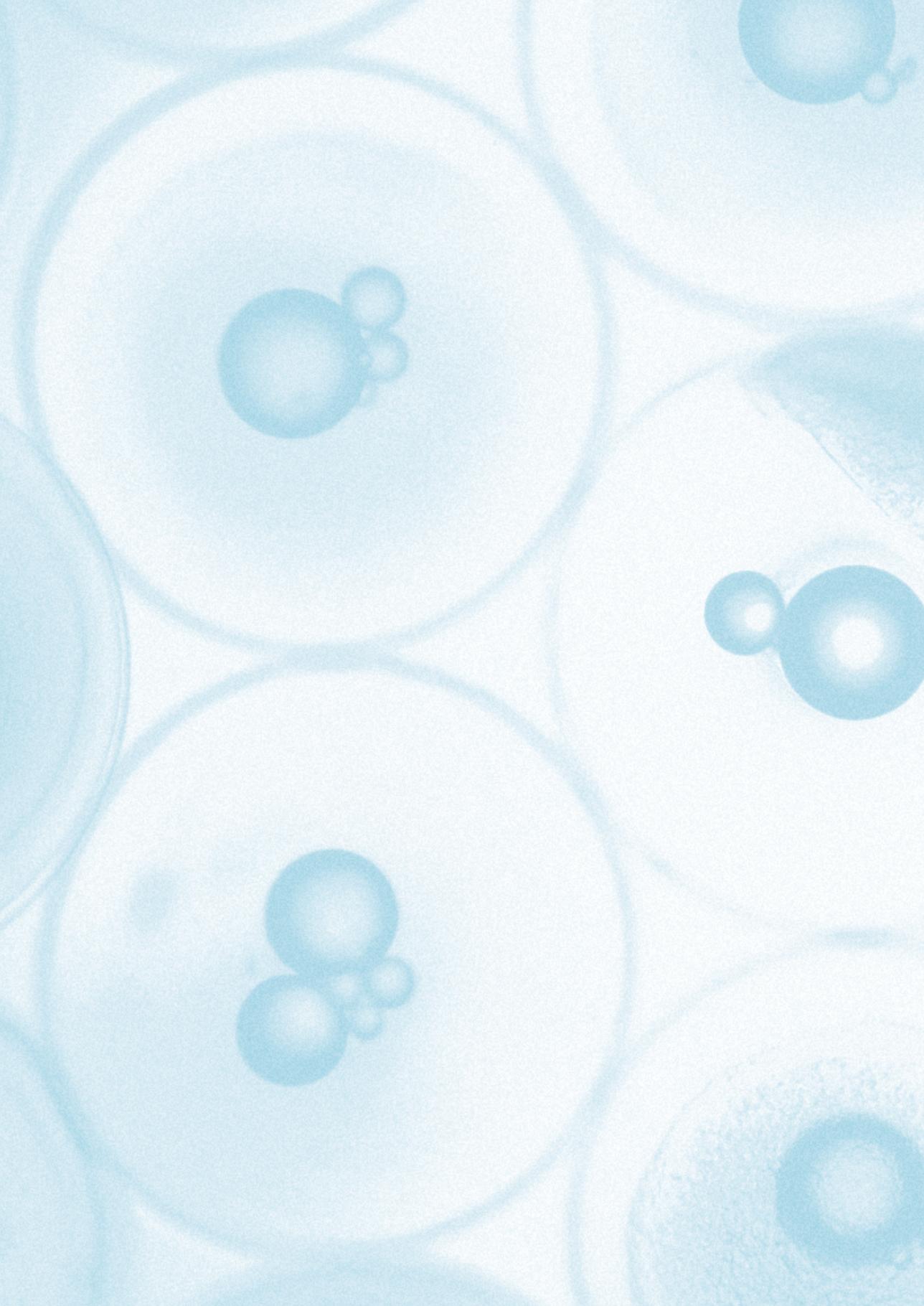
en sus técnicas de cultivo, por diferentes razones no se han incorporado a la producción industrial (por ejemplo el pargo, el dentón o el medregal); entre estas razones sobresalen las limitaciones del conocimiento de la biología de la especie y los factores comerciales. Finalmente, hay nuevas especies recientemente incorporadas a la experimentación, sobre cuyo cultivo se ha comenzado a investigar hace menos tiempo, como sería el caso del bonito, el atún o el verrugato.

En este contexto, el contenido del presente libro trata de describir el desarrollo que han alcanzado las técnicas de cultivo de una serie de especies que son las candidatas más serias para incorporarse al sector productivo y aumentar la oferta a los consumidores. La selección de las especies a incluir en el libro se ha realizado atendiendo fundamentalmente al hecho de que se hayan obtenido ya resultados prometedores a escala de laboratorio y a que los especialistas participen de la opinión de que la especie tiene posibilidades de ocupar un segmento en el mercado, condición indispensable hoy día para valorar una especie como de interés para la acuicultura.

1

CULTIVO DE CARÁNGIDOS: LA SERIOLA Y EL JUREL DENTÓN





1

CULTIVO DE CARÁNGIDOS: LA SERIOLA Y EL JUREL DENTÓN

Salvador Jerez Herrera

Centro Oceanográfico de Canarias.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

Gran parte de la producción actual de Carángidos se realiza a partir del engorde de juveniles salvajes, utilizando la experiencia japonesa en el cultivo de *Seriola quinqueradiata*. La tecnología de producción, desarrollada en mayor o menor grado según la especie, pone de manifiesto la existencia de problemas importantes relativos a la cantidad, insuficiente para abastecer a la industria, y a la calidad, considerada menor que la de los individuos salvajes. La producción sostenible depende de un mayor conocimiento en el manejo de los reproductores, condiciones de cultivo, la alimentación, cultivo larvario, etc.

En este capítulo se revisa la situación actual del cultivo de *Seriola dumerili*, *Seriola rivoliana* y *Pseudocaranx dentex* considerando los aspectos de reproducción, nutrición, genética y patologías.

El principal objetivo en la reproducción de estas especies es la emisión espontánea de huevos como ha ocurrido en *S. dumerili*. Sin embargo, ésta no siempre tiene lugar por lo que es necesario utilizar los conocimientos relativos a la inducción hormonal. En *S. dumerili* y *S. rivoliana*, el uso de diferentes hormonas ha dado resultados positivos, pero no en *P. dentex*. La obtención de puestas naturales e inducidas, ha permitido el desarrollo de la técnica de cultivo larvario a partir de la ya establecida para otras especies. En general, los mejores resultados se obtienen en cultivos realizados en grandes volúmenes con una secuencia típica de alimentación con presas vivas y piensos desarrollados



para otras especies. Sin embargo, la secuencia de alimentación podría requerir la incorporación de nuevas presas y/o la determinación de requerimientos específicos, así como el establecimiento de las óptimas condiciones de cultivo que aumenten la supervivencia (luz, densidad de siembra y presas, etc.).

Reproductores de *S. dumerili* nacidos en cautividad han emitido óvulos espontáneamente pero éstos no han sido fecundados. Este fallo reproductivo podría estar relacionado con aspectos sociales, nutricionales, hormonales y/o genéticos.

El contenido y calidad de la proteína, los lípidos y los carotenoides de la dieta, influyen notablemente en la cantidad y calidad de las puestas. Para determinar los requerimientos específicos en ácidos grasos esenciales y carotenoides de *S. dumerili* se realizan estudios comparativos en diferentes tejidos de reproductores salvajes y cultivados. Los resultados han permitido avanzar en la formulación de una dieta experimental con el objetivo de obtener la mayor cantidad y calidad de huevos posible.

Experiencias de preengorde y engorde de *S. dumerili* y *P. dentex* han establecido las estrategias de alimentación de mejor rendimiento biológico, poniendo de manifiesto el efecto negativo que tiene un exceso de alimento y la necesidad de seguir profundizando en los requerimientos. En el futuro, esta investigación se debe desarrollar también bajo el prisma medioambiental, diseñando piensos más eficientes, con bajo contenido proteico y alta energía, intentando sustituir la materia prima de origen marino por fuentes alternativas, sin afectar al estado de salud y calidad del producto.

Actualmente se están empleando técnicas genéticas para aumentar los conocimientos que se tienen sobre el comportamiento reproductivo de *S. dumerili*. Los resultados aportarán información relevante para la gestión más eficaz de los reproductores.

Parásitos específicos de *Seriola spp.* causan importantes mortalidades en los cultivos. El desarrollo de medicamentos y protocolos de gestión debe ir acorde al desarrollo del cultivo. Pero antes que incrementar el uso de medicamentos, es más conveniente la implantación de medidas preventivas. Los parámetros de bioquímica y hematología sanguínea determinados en *S. dumerili* pueden servir de referencia para en el fu-



turo y con ayuda de la biotecnología, desarrollar métodos rápidos de evaluación del estado de salud.

Palabras clave: Carángidos, *Seriola*, *Pseudocaranx*, acuicultura, diversificación, reproducción, nutrición, cultivo larvario, patologías.

Abstract

*Carangids aquaculture production is mainly based on raising fingerlings captured from the wild. The techniques for their culture are the same as those used for *Seriola quinqueradiata*. Although juveniles are available from hatchery supplies, their quantity and quality is below that of wild-caught juveniles. Development of mass seed production techniques is crucial to the progress of the aquaculture industry.*

*This document describes recent advances in *Seriola dumerili*, *Seriola rivoliana* and *Pseudocaranx dentex* culture in relation to reproduction, nutrition, genetic and biotechnology.*

*Although natural spawning is the preferred method, induced spawning is necessary at least until a practical method of natural spawning is established. Induced spawning has been obtained by different hormonal treatments in *S. dumerili* and *S. rivoliana* but not in *P. dentex*. For the future, induced spawning technology requires more applied research on the most appropriate hormones and their method of administration.*

*A problem associated with reproduction is larval rearing, particularly the development of efficient methods of feeding. Several batches of larvae of *S. dumerili* have been successfully reared with semi-intensive technology. They are reared at low densities in large tanks. During rearing, larvae are fed on live preys (rotifers and *artemia* naupli) and dry food. However, new preys and/or zooplankton enrichment according to *S. dumerili* nutritional requirements and formulated larval diets need to be developed.*

*Broodstock diets play a major role in determining the quantity and quality of eggs. Research investigations on nutritional requirements of *S. dumerili* such as essential fatty acids and carotenoids have been started. Recently, experimental diet has been formulated by results of comparative tissue composition of wild and cultured broodstock.*



*There are research studies about the on-growing of *S. dumerili* and *P. dentex* using different artificial feed and feeding strategy. These studies show negative effects of food excess or no appropriately formulated diets on growth and fish health.*

*The main health problems include flatworm (fluke) parasites that inhabit the skin and gills in *Seriola* spp. These flatworms can cause death to the host. Mild and severe infections can be treated with different treatments. However these treatments in cage culture systems present major time, manpower and cost. Strategies to reduce or treat the incidence of parasites will be developed. Greater emphasis must be placed on alternative procedures for disease prevention, rather than drug treatment.*

*Biochemical and haematological parameters of *S. dumerili* have been reported. Biotechnology techniques could be applied to produce a wider variety of vaccines and quick diagnosis kits in the future.*

1.1. INTRODUCCIÓN

Los Carángidos tienen en conjunto una gran importancia como recurso para el consumo humano, desarrollándose sobre ellos una importante pesquería y el cultivo comercial.

La especie más representativa por su producción en acuicultura es el medregal japonés (*Seriola quinqueradiata*) cultivado en Japón y Corea, mientras que *Seriola lalandi* es la que ha mostrado un mayor desarrollo en su cultivo en los últimos años en Australia, Nueva Zelanda, Japón, Sudáfrica, Chile y Hawai.

Este trabajo se centra en las especies *Seriola dumerili*, *Seriola rivoliana* y *Pseudocaranx dentex* cuyo cultivo, con un mayor o menor grado de desarrollo actual, resulta interesante para la piscicultura marina en el Mediterráneo y Atlántico. *S. dumerili*, cultivada de forma semiintensiva en Japón y Taiwán, es la principal candidata en países europeos (Grecia, Croacia, Malta, Italia y España), donde se han conseguido logros importantes en los últimos años. *S. rivoliana*, cultivada a nivel preindustrial en Hawai y Ecuador, y *P. dentex* cuya producción industrial está desarrollada desde hace años en Japón, constituyen especies alternativas para la diversificación de la acuicultura europea.



Sus nombres comunes en otros idiomas y en diferentes regiones de España son:

	<i>Seriola dumerili</i>	<i>Seriola rivoliana</i>	<i>Pseudocaranx dentex</i>
Castellano (español)	Pez de limón	Medregal limón	Jurel limón
Andalucía	Pez limón, seriola, lecha		
Baleares	Cirviola, cirvia, verderol		
Canarias	Medregal	Medregal negro	Jurel
Cataluña	Cirvia		
Galicia	Peixe limón		Xourello dourado
Murcia	Lecha		
Valencia	Cervia, letxa		
Croata	Orhan		Šnjurak
Francés	Sérieole couronnée	Carangue dentée	(Sérieole limon)
Griego	Mayático		Kokali
Inglés	Greater amberjack Mediterranean yellowtail	Almaco jack Pacific yellowtail	Silver trevally Silvercoat jack
Italiano	Ricciola		Carango dentice
Japonés	Kampachi, yellowtail	Kona kampahi	Shimaaji
Maltés	Accjola		Sawrella imperjali
Portugués	Charuteiro, Írio, Lírio	Charuteiro, Írio	Xaréu, Encharéu

1.1.1. Morfología

Las especies del género *Seriola* presentan pocas variaciones en su morfología adulta, pero varían considerablemente en su desarrollo de juveniles a adultos. Para diferenciarlas, se utilizan datos merísticos y relaciones morfométricas.

Las dos especies (*S. dumerili* y *S. rivoliana*) tienen un cuerpo alargado, fusiforme, de altura moderada, ligeramente comprimido lateralmente y cubierto de escamas pequeñas y cicloides (Figuras 1 y 2). *S. rivoliana* tiene un hocico mas largo y puntiagudo que *S. dumerili*. El número de branquiespinas disminuye con el crecimiento. *S. dumerili* de entre 2 y 7 cm de talla presenta 15-22 branquiespinas totales mientras que *S. rivoliana* presenta 24-29. En tallas superiores a los

20 cm, *S. dumerili* presenta 11-19 branquiespinas totales y *S. rivoliana* tiene 22-24.

Ambas especies tienen dos aletas dorsales, la primera con 7 espinas, y la segunda con una espina y 29-35 radios blandos en *S. dumerili*, y 27-33 en *S. rivoliana*. El lóbulo de la segunda aleta dorsal y la base de la aleta anal son más cortas en *S. dumerili* que en *S. rivoliana*. El color de *S. dumerili* es amarillo-verdoso en juveniles y azulado-oliváceo y argénteo en lados y vientre en adultos. Existe una mancha oscura desde el ojo a la parte anterior de la aleta dorsal, excluida la nuca. Los juveniles tienen 5 bandas laterales y una sexta al final de la aleta caudal. El color de *S. rivoliana* es marrón-violáceo en el dorso con lados y vientre plateados y una barra negra diagonal entre la nuca y el ojo. Los juveniles presentan 6 bandas laterales y una banda en el pedúnculo caudal.



FIGURA 1.
Pez de limón
(*Seriola dumerili*).



FIGURA 2.
Medregal limón
(*Seriola rivoliana*)
(Fuente: Randall J.E.).



Pseudocaranx dentex tiene una sola fila de dientes cónicos en ambas mandíbulas, y los individuos más jóvenes presentan una segunda línea interna en la parte anterior de la mandíbula superior. Tiene un cuerpo alargado y comprimido, moderadamente alto (Figura 3). El morro es alargado y relativamente puntiagudo. Tiene 34-41 branquiespinas totales y dos aletas dorsales, la primera con 8 espinas y la segunda con una espina relativamente grande y 24-27 radios blandos. Con dorso verde-azulado y vientre plateado, muestra una banda amarilla longitudinal que recorre el cuerpo, más ancha en la parte posterior. Tiene un punto negro difuso en el margen superior del opérculo.

1.1.2. Distribución y hábitat

Seriola dumerili es un pez pelágico y epibentónico que vive cerca de arrecifes y en mar abierto, entre 18 y 360 m de profundidad, acercándose ocasionalmente a la costa. Los juveniles muestran un fuerte comportamiento gregario formando cardúmenes alrededor de objetos flotantes que les sirven de refugio (Massuti *et al.*, 2000).

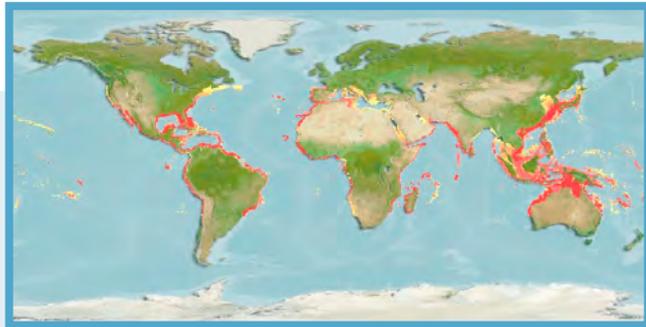
Se distribuye en aguas tropicales y subtropicales (45°N-28°S) del Atlántico e Indo-Pacífico (Figura 4). Se encuentra desde el Mediterráneo al Golfo de Vizcaya, y raramente por las costas británicas. También se distribuye desde Nueva Escocia a Brasil, Sudáfrica, Golfo Pérsico, Australia, Japón y Hawai (Smith-Vaniz, 1986).



FIGURA 3.

Jurel limón (*Pseudocaranx dentex*) (Fuente: Randall J.E.).

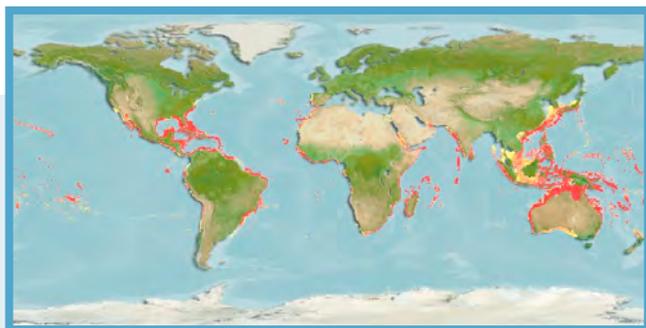
FIGURA 4.
Distribución geográfica de *Seriola dumerili* indicado por color rojo la mayor y amarillo la menor presencia (FishBase 2010).



Seriola rivoliana es una especie pelágica y demersal, principalmente oceánica que se encuentra entre 3 y 250 m de profundidad. Habita áreas de arrecifes costeros y bancos en mar abierto, encontrándose también en bahías, estuarios y manglares. Los juveniles forman pequeños grupos alrededor de objetos flotantes.

Su distribución es circuntropical (43°N-38°S) y común en el Indico, desde Kenia hasta Sudáfrica (Figura 5). En el Pacífico se le encuentra desde el sur de California hasta Perú, incluidas las islas oceánicas (Smith-Vaniz, 1986). En el Atlántico occidental, se encuentra desde Estados Unidos hasta Argentina. Es un predador pelágico común en aguas de Portugal, Azores, Madeira y Canarias, donde convive con otras especies de *Seriola*. Es ocasional en el sur de Inglaterra, Golfo de Vizcaya y recientemente citada en el Mediterráneo (Castriota *et al.*, 2002).

FIGURA 5.
Distribución geográfica de *Seriola rivoliana* indicado por color rojo la mayor y amarillo la menor presencia (FishBase 2010).





Pseudocaranx dentex vive asociada a arrecifes entre los 10 y 240 m, aunque es común encontrarlo a profundidades de entre 10 y 25 m. Tanto juveniles como adultos se encuentran en ocasiones en aguas costeras, formando cardúmenes en bahías y estuarios, junto a otras especies de carángidos (Kailola *et al.*, 1993). Los adultos forman cardúmenes en las plataformas continentales, junto a otras especies de carángidos.

Se distribuye en zonas tropicales y subtropicales (40°N-47°S) del Indo-Pacífico, entre Sudáfrica y Japón incluidos Hawaii, Australia y Nueva Zelanda (Figura 6). En el Atlántico occidental se encuentra desde Bermudas hasta Brasil. En el Atlántico oriental es frecuente en Portugal y en las islas oceánicas desde Azores a Santa Elena, no siendo común en el Mediterráneo.

1.1.3. Alimentación

Seriola dumerili se muestra como una especie oportunista que se alimenta de un amplio rango de presas, variando su dieta en función del tamaño (Manooch y Haimovici, 1983; Andaloro y Pipitone, 1997).

Los individuos de hasta 8 cm se alimentan principalmente de zooplancton. Los individuos entre 8 y 12 cm representan una fase de transición en la que continúan alimentándose de zooplancton, pero también son relevantes los elementos bentónicos y nectónicos. Con más de 12 cm, se alimentan de presas nectobentónicas, cambiando a una dieta piscívora a partir de los 20 cm, cuando abandonan el mar abierto para acercarse a la costa. Los adultos se alimentan de peces pelágicos y cefalópodos (Andaloro y Pipitone, 1997).

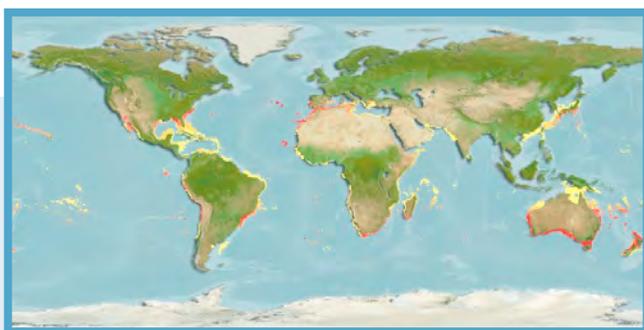


FIGURA 6. Distribución geográfica de *Pseudocaranx dentex* indicado por color rojo la mayor y amarillo la menor presencia (FishBase 2010).



Los datos sobre la alimentación de *S. rivoliana* en el Atlántico muestran que sus presas están constituidas por 14 familias de peces, 2 de cefalópodos y 6 de crustáceos, lo que denota una alimentación con presas pelágicas y también demersales o bentónicas (Manooch y Haimovici, 1983). Recientemente se ha observado que *S. rivoliana* en Azores se alimenta exclusivamente de diferentes especies de peces pelágicos como *Trachurus picturatus* o *Scomber japonicus* (Barreiros et al., 2003).

Los estudios sobre la alimentación de *Pseudocaranx dentex* lo describen como un carnívoro oportunista, con una dieta constituida principalmente por peces pero también se alimentan de pulpos y crustáceos (Seki, 1986).

1.1.4. Crecimiento

Los Carángidos en general son peces de rápido crecimiento. *Seriola dumerili* alcanza una talla máxima de 180-190 cm y un peso de 80 kg, aunque lo normal son 110 cm y 25-40 kg de talla y peso, respectivamente. Individuos nacidos a finales de primavera en el Mediterráneo alcanzan a final del año unos 800 g de peso y una longitud de 40 cm (Mazzola et al., 2000), triplicando su talla a los 4 años (93-106 cm) (Kozul et al., 2001a). En el Atlántico los crecimientos en talla medios varían entre 17 y 24 cm/año en individuos jóvenes y 0,7 cm/año en los mayores (Harris, 2004).

Seriola rivoliana alcanza los 160 cm de longitud y 60 kg de peso, aunque lo común es que tengan una talla de 90 cm y alrededor de 24 kg de peso (Bouhlef, 1988). Se citan crecimientos lineales de 12,5 cm/año entre un año (22 cm) y cuatro años de edad (75 cm), alcanzando tallas superiores a 100 cm con 8 años (Kikkawa y Everson, 1984), aunque un reciente estudio registra crecimientos medios de 4,7 cm/año para ejemplares con más de 22 cm (Tagawa y Tam, 2006).

Pseudocaranx dentex alcanza los 122 cm de talla y 18 kg de peso, siendo común tallas de 40 cm y pesos aproximados de 10 kg. En Oceanía se cita una talla y peso máximo de 65 cm y 4 kg, respectivamente, estimándose un crecimiento relativamente lento, con 20 cm a los dos años, 25 cm a los cinco años y 35 cm a los diez años (Rowling y Raines, 2000). Sin embargo, en Hawai, se citan tallas de 45 cm a los dos años (1,6 kg de peso), más de 75 cm a los cinco (8 kg de peso) y



100 cm de talla y mas de 18 kg de peso a los diez años de edad (Tagawa y Tam, 2006).

1.1.5. Reproducción

Seriola dumerili presenta sexos separados no existiendo dimorfismo sexual externo. La diferenciación sexual ocurre a partir de 24-26 cm de longitud, con 4 y 5 meses de edad, mucho antes que en otros teleósteos (Marino *et al.*, 1995). En el Mediterráneo, la madurez sexual se alcanza a los 4 años de edad en los machos y a los 5 años en las hembras, con tallas de 109 y 113 cm, respectivamente (Marino *et al.*, 1995; Kozul *et al.*, 2001a). En el Atlántico, machos y hembras maduran con 80 y 83 cm de talla, con 3 y 4 años de edad, respectivamente, aunque se encuentran machos y hembras maduros con 27 y 35 cm, respectivamente (Harris *et al.*, 2004). La época de puesta de *S. dumerili* en el Mediterráneo se extiende desde mayo a julio (Lazzari y Barbera, 1988; Grau, 1992; Marino *et al.*, 1995) y entre marzo y mayo en el Atlántico (Harris, 2004). En el Pacífico, la puesta ocurre de febrero a junio (Kikkawa y Everson, 1984).

Las hembras tienen un ovario sincrónico donde al menos dos grupos de oocitos están presentes al mismo tiempo. Es un ponedor múltiple, que emite huevos pelágicos varias veces durante la misma época de puesta. La proporción de sexos varía entre 1 hembra por cada macho en el Mediterráneo y 1,2 hembra por cada macho en el Atlántico (Lazzari y Barbera, 1988; Harris, 2004).

La fecundidad potencial estimada en el Atlántico varía entre 15 y 50 millones de huevos por hembra de 93-130 cm de longitud (3-7 años de edad) (Harris, 2004). En el Mediterráneo se ha estimado una fecundidad de 4-9 millones de huevos por hembra de entre 10 y 37 kg (Lazzari y Barbera, 1988; Grau, 1992). En el Pacífico, Kikkawa y Everson (1984) estimaron una fecundidad de 1-4 millones de huevos por hembra de 83-118 cm de longitud, siendo la talla de madurez de 72 cm.

El conocimiento de la biología reproductiva de *S. rivoliana* es más limitado que el que se tiene de *S. dumerili*, aunque se sabe que es una especie dioica sin dimorfismo sexual externo. La madurez sexual se alcanza a los 3 años de edad con 4 kg de peso en las hembras, y un poco antes en los machos, citándose incluso a los dos años.



Las hembras emiten huevos pelágicos varias veces durante el periodo de puesta que comprende primavera, verano y otoño, dependiendo de la latitud y la temperatura del agua de mar.

Pseudocaranx dentex es una especie dioica y un ponedor sincrónico por grupos, emitiendo huevos varias veces durante el periodo de puesta. Machos y hembras son capaces de madurar con 18-20 cm de longitud (4 años de edad), pero la maduración no es completa hasta alcanzar los 26-28 cm (8 años de edad). La fecundidad estimada varía entre 0,2-2 y 1-10 millones de huevos para hembras de 25 y 50 cm de longitud, respectivamente (Rowling y Raines, 2000).

En el Atlántico (Azores) la relación de sexos es de 1 hembra por cada macho, alcanzando la primera madurez sexual, tanto machos como hembras, con 30 cm de longitud (Afonso *et al.*, 2008). Los huevos son pelágicos, esféricos y emitidos durante un largo periodo de tiempo que comprende primavera, verano y otoño en Australia (Gray, 1993). En Canarias madura entre abril y septiembre (Guirao *et al.*, 2005) y en latitudes más altas entre junio y septiembre (Afonso *et al.*, 2008).

1.1.6. Captura, producción cultivo y valor comercial

Los Carángidos son capturados y cultivados por su alta demanda y elevado precio comercial. Las capturas de *Seriola spp* (excluidas *S. dumerili*, *S. quinqueradiata*, *S. lalandi*) se han duplicado, mientras que la de *S. dumerili* se ha multiplicado por 10 desde 1990 (Figura 7).

La mayor parte de la captura de *S. dumerili* se realiza en el Mediterráneo y Mar Negro representando en 2008 el 80,85% de la captura mundial de la especie (2 459 t). Esta captura fue liderada por USA, Israel, Grecia, Italia y España, todas con más de 350 t capturadas, además de las realizadas por países ribereños africanos (Argelia y Túnez) y asiáticos (Chipre, Israel y Siria). La captura de *Pseudocaranx dentex* en 2008 fue de 3 565 t, realizándose el 92.1% en Nueva Zelanda y el resto en Australia (FAO).

Las estadísticas de producción por acuicultura de *S. dumerili* son de 72 000 t solo en Japón, frente a *S. rivoliana* para la que, además de existir proyectos nuevos en Arabia Saudí y Méjico, se estima una producción de 500 t en Hawai (Holthus, 2009).

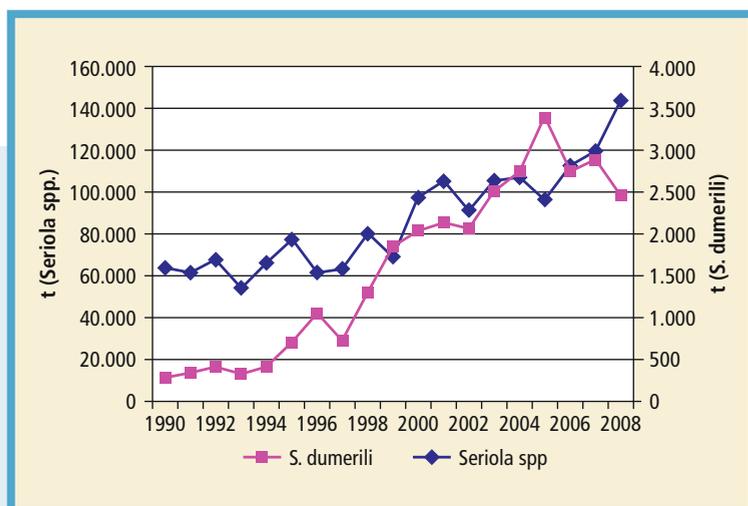


FIGURA 7.

Tendencia global de la captura de *S. dumerili* y *Seriola spp.*, 1990-2008 (FAO 2010).

El cultivo de *P. dentex*, realizado íntegramente en Japón, produjo una cantidad superior a las 2 000 t anuales en la última década, alcanzando más de 3 000 t en 2006 y 2007.

El precio de las especies de *Seriola spp.* es elevado porque son muy demandadas por la calidad de su carne en Europa y Asia, fundamentalmente Japón, donde se consume crudo como *sashimi* y *sushi*. En 2005 el valor global de la industria fue de 1,28 billones de USD, con precios de mercado de 4,27, 5,54 y 6,82 USD/kg para pesos de comercialización de 1, 3 y 8 kg, respectivamente (FAO 2008).

El precio internacional de comercialización de *S. rivoliana* fue de 7,1 USD/kg en 2005, aunque se citan precios de 7,76-11,64 USD/kg para la producción por acuicultura (Nash, 1995).

Respecto a *S. dumerili*, el precio medio en el Mercado de Aci Trezza (Italia) en 2004-2005, varió entre 11 y 11,5 USD/kg (Fis/MarketPrices 2005), aunque se citan precios medios en Italia de hasta 20 €/kg.

En España, *S. dumerili* se cultivó en los 90 a partir de juveniles salvajes alcanzando una producción máxima de 31 t en 1991. Recientes logros en su reproducción han permitido revitalizar su cultivo, aunque

es aun poco representativo comparado con otras especies. La producción en 2007 y 2008 fue de 0,75 y 0,39 t, con un valor de 5 700 y 3 104 €, respectivamente (valor medio superior a 7 €/kg).

La captura y valor comercial de la pesca extractiva de *S. dumerili* en diferentes regiones españolas muestran un precio medio entre 6 y 12 (€/kg) (Tabla I).

TABLA I.

Peso (t) y valor (€) de las capturas de *Seriola dumerili* en diferentes Comunidades Autónomas españolas entre 2007 y 2009. (Fuentes: Consejería de Agricultura y Pesca; Junta de Andalucía. Consellería d’Agricultura i Pesca; Govern de les Illes Balears. Consejería de Agricultura y Agua; Comunidad Autónoma Región de Murcia).

Comunidad Autónoma	Año					
	2007		2008		2009	
	Peso (t)	Valor (€)	Peso (t)	Valor (€)	Peso (t)	Valor (€)
Baleares	30,0	333 502	55,2	345 276	–	–
Murcia	65,5	597 856	50,7	406 095	80,3	506 413
Andalucía	34,1	251 692	19,5	163 332	35,9	231 185
Total	129,6		125,4		116,2	

1.2. CULTIVO

El cultivo de Carángidos, centrado en Japón, tiene en la producción de medregal japonés (*Seriola quinqueradiata*) el máximo exponente; pero el cultivo de *Seriola dumerili* también ha crecido rápidamente debido a la alta calidad de su carne y mejores precios de mercado. Además, muestra un crecimiento más rápido y una mejor conversión de alimento que el medregal japonés, siempre que la temperatura de cultivo esté por encima de 17 °C, alcanzando 6 kg de peso a los 2,5 años (Nakada, 2000).

El cultivo de *S. dumerili* también es de gran interés en el Mediterráneo, donde se inició el engorde de juveniles salvajes en la década de los 80, y actualmente se desarrolla el cultivo de juveniles nacidos a partir de puestas obtenidas de forma natural e inducida. Aunque la reproducción sigue siendo una de las principales dificultades en el desarrollo de su



cultivo, la aplicación de técnicas de control de la reproducción favorecerá su desarrollo (Greco *et al.*, 1993; Mazzola *et al.*, 2000).

Otros carángidos cultivados a nivel mundial en los últimos años son *Seriola lalandi*, de la que existe una producción estable, aunque se duda de que se pueda mantener el crecimiento futuro de la industria en Australia y Nueva Zelanda (PIRSA, 2003), y *Seriola rivoliana* cultivada en Hawái y Ecuador a nivel experimental, considerándose que no existe aun un cultivo comercial establemente desarrollado.

Diferente situación presenta el cultivo de *Pseudocaranx dentex*, realizado en Japón desde la década de los 60 a partir de juveniles salvajes y con una tecnología de cultivo suficientemente desarrollada en la actualidad, que permite la obtención de huevos y larvas gracias al desarrollo de las técnicas de desove y manejo de reproductores, incluida la formulación de dietas específicas (Watanabe y Vasallo-Agius, 2003).

Los sistemas actuales utilizados a nivel mundial para el cultivo de Carángidos varían ligeramente según las regiones y la fuente de juveniles. Generalmente, se realiza a partir de juveniles salvajes, puesto que la producción de juveniles nacidos en cautividad no es capaz de satisfacer la demanda. El proceso de cultivo de estas especies es similar y se compone de tres etapas bien diferenciadas: recolección de los alevines (2,5-5 cm) que son desparasitados mediante baños en agua dulce y clasificados por tamaños para prevenir el canibalismo, cría de los alevines hasta juveniles (5-15 cm) cuando son de nuevo clasificados por tamaños, y engorde de juveniles hasta su tamaño comercial (> 40 cm). La mayoría de los cultivos se limitan al uso de sistemas con estructuras flotantes en regiones litorales protegidas (Benetti *et al.*, 2005).

Los juveniles salvajes de *Seriola* y *Pseudocaranx* cultivados en Japón son mayoritariamente capturados en aguas próximas, pero también son capturados e importados de otros países asiáticos (Nakada, 2000). El número de juveniles de *S. dumerili* importados desde China y Vietnam en el año 2000 fue de 20 millones (Nakada, 2002). Esta práctica supone un serio riesgo ambiental para las poblaciones naturales, por lo que se fijan máximos de capturas. Aunque existe una producción de juveniles en criaderos, ésta es insuficiente para cubrir las necesidades de la industria. Además, los juveniles nacidos en cautividad son menos atractivos para el acuicultor porque presentan deformidades (Kolkovski y Sakakura,



2004) y muestran cambios sustanciales en la alimentación que a largo plazo afectan negativamente el crecimiento (FAO, 2008).

Las primeras experiencias de cultivo de *S. dumerili* en el Mediterráneo se iniciaron en la década de los 80, capturando juveniles salvajes, aprovechando su carácter gregario, para su posterior engorde en tanques de cemento (García Gómez, 1993; Jover *et al.*, 1999), jaulas sumergidas (Mazzola *et al.*, 2000) y jaulas flotantes (Navarro *et al.*, 1987).

La alimentación consistió inicialmente en pescado, pero en la década de los 90 se desarrollaron los primeros piensos húmedos, semihúmedos y secos, que mejoraron los crecimientos. Sin embargo, el cultivo de esta especie tropezó con otros problemas como las dificultades de reproducción en cautividad y las patologías.

A pesar de ello, el esfuerzo investigador continuó, centrándose en la obtención de puestas en cautividad y en el desarrollo de dietas inertes. En los últimos años, experiencias de inducción hormonal de la maduración gonadal y puesta de *S. dumerili*, han dado resultados positivos en diferentes países europeos (Italia, Croacia y Grecia) incluida España, donde además se han obtenido puestas espontáneas. Estas puestas han permitido desarrollar cultivos larvarios (Papandroulakis *et al.*, 2005) e iniciar las primeras producciones comerciales en jaulas de ejemplares nacidos en cautividad.

El interés en el cultivo de *S. rivoliana* y *P. dentex*, como especies para la diversificación de la acuicultura europea, es más reciente y centrado en España, concretamente en Canarias, donde ya se han obtenido puestas inducidas de *S. rivoliana* y se ha evaluado positivamente el crecimiento de *P. dentex*.

La investigación actual en el cultivo de estas especies intenta solucionar los problemas inherentes a la propagación artificial, y esto depende de un mejor manejo de los reproductores desde el momento de su captura, el diseño de dietas específicas y la determinación de las condiciones de cultivo idóneas para la obtención de puestas de una calidad que permita el desarrollo de la tecnología del cultivo larvario.

1.2.1. Obtención de ejemplares y reproductores

Existen pocos datos sobre la supervivencia de ejemplares capturados del medio natural, aunque la idea general es que los individuos



salvajes aumentan la probabilidad de sobrevivir y adaptarse a las condiciones de cultivo cuanto mas jóvenes sean.

Los ejemplares salvajes capturados en el Mediterráneo son transportados hasta las instalaciones en tanques a bordo de barcos y camiones, provistos de renovación continua de agua, sistemas de aireación e incluso en ocasiones con regulación de temperatura (Greco *et al.*, 1991; Caridi *et al.*, 1992). En el caso de juveniles, la densidad óptima de transporte se ha estimado en 2 kg/m^3 (Caridi *et al.*, 1992), con mortalidades debidas al estrés y manipulación entre el 1,5 y el 6% (Greco *et al.*, 1991). En individuos mayores, las condiciones de transporte y la supervivencia varían en función de su tamaño y la manipulación a la que son sometidos (Figura 8). Ejemplares de *S. dumerili* de entre 1,5 y 4 kg transportados con oxígeno inyectado han tenido supervivencias del 100% (Roo *et al.*, 2009b). Ejemplares de 15-20 kg han mostrado supervivencias del 100% a su llegada a las instalaciones, pero transcurrido un periodo de adaptación de 2-4 semanas, se ha registrado entre el 20 y el 100% de supervivencia, pero también



FIGURA 8.

Manipulación de ejemplares de *Seriola dumerili* nacidos en cautividad.



mortalidades del 100%. En general, la mortalidad ha sido mayor cuanto mas manipulación han sufrido los individuos, apareciendo ulceraciones en la piel, exoftalmia, cataratas, ceguera, etc. Es conveniente, durante la fase de adaptación, someterlos a baños con sulfato de cobre y/o peróxido de hidrógeno, y ofrecerles diariamente alimento medicado con antibióticos, ya sea pescado o pienso, de forma que inicien la ingesta a las 2-4 semanas de su captura.

En *S. rivoliana* se han determinado supervivencias del 75% en ejemplares de 1,7 kg capturados del medio natural, mostrando buena adaptación a la cautividad, manejo y alimentación con piensos comerciales (Roo *et al.*, 2009a). Experiencias realizadas en Canarias muestran que la supervivencia de ejemplares salvajes de *P. dentex* de pesos inferiores a 500 g durante su adaptación a la cautividad varió entre el 20 y 75%, registrándose la mortalidad en las dos primeras semanas de cautiverio, con ulceraciones de la piel que llegan a cubrir el 90% del cuerpo, siendo los individuos de pesos superiores mas sensibles a la manipulación (Roo *et al.*, 2005).

1.2.2. Adaptación a la cautividad, alimentación y aspectos nutricionales

Las especies de *Seriola* se adaptan a la alimentación con pescado y también aceptan pienso (García-Gómez, 2000). En general, es más difícil alimentar con piensos comerciales a los ejemplares capturados cuando son mayores, ya que se precisa en ocasiones mezclar el pienso con trozos de pescado congelado o cefalópodos para adaptarlos.

Ejemplares de *S. dumerili* salvajes en Canarias iniciaron la ingesta de alimento en forma de pescado congelado a las 2-3 semanas de su captura, habiéndose adaptado a una dieta monoespecífica a base de caballa. La ingesta media a lo largo de 10 años varió entre 0,3 y 1,0 kg de caballa/pez. En general esta variación se relaciona con la temperatura del agua y el momento del ciclo biológico, aumentando con la temperatura y en los momentos previos al inicio de la puesta (Jerez, datos no publicados).

La alimentación de *S. rivoliana* en Sudamérica se realiza con una dieta fresca variada, consistente en pequeños túnidos, cupleidos, calamar y adición de vitaminas específicas (Blacio *et al.*, 2003). En otros



casos, los individuos de *S. dumerili*, *S. rivoliana* y *P. dentex* se han adaptado a la alimentación con piensos comerciales suplementados con alimento fresco (Roo *et al.*, 2005; 2009ab).

Los primeros cultivos de seriolas y *P. dentex* en Japón se alimentaron con pescado troceado, fundamentalmente sardina (*Sardinops melanostictus*). Sin embargo, este alimento monoespecífico no cubría los requisitos nutricionales de los individuos, causaba gran polución ambiental e incrementaba el riesgo de enfermedades (Nakada, 2002).

En 1988 se desarrollaron piensos húmedos fabricados a partir de mezclas de pescado, cefalópodos y crustáceos en proporciones diferentes, en función de los periodos de prepuesta, puesta y pospuesta, suplementados en ocasiones con aditivos como aceites ricos en HUFA (ácidos grasos poliinsaturados) y mezclas de vitaminas que mejoraban su calidad, intentando cubrir los requerimientos de la especie en cada momento de su ciclo biológico. El desarrollo de dietas específicas de reproductores de *S. quinqueradiata* y *P. dentex* en los siguientes años, puso de manifiesto deficiencias en la composición del alimento de los reproductores que afectaban a la fecundidad y calidad de la puesta y que estaban relacionados con la cantidad y calidad de la proteína y lípidos, la necesidad de vitaminas y el contenido y tipo de carotenoides del alimento (Watanabe y Vasallo-Agius, 2003).

La dieta de reproductores de peces marinos precisa de una adecuada composición de nutrientes entre los que además del contenido y calidad de la proteína, son de gran importancia el contenido lipídico y el perfil de ácidos grasos y clases lipídicas. Su óptima presencia en los huevos influye notablemente en su calidad (Vassallo-Agius *et al.*, 1998). Bajos contenidos de lípidos en la dieta de reproductores de *S. quinqueradiata* (Verakunpiriya *et al.*, 1996) y *P. dentex* (Vassallo-Agius *et al.*, 1998) da lugar a su menor presencia en el huevo, afectando negativamente a su calidad y desarrollo. Por otra parte, elevados contenidos de lípidos en la dieta de *P. dentex* causan acumulación de grasa intestinal que perjudican la puesta (Watanabe y Vasallo-Agius, 2003). Ahora bien, el contenido óptimo de lípidos en la dieta depende en gran medida del resto de componentes y de la especie.

Dentro de los lípidos de la dieta, el contenido en ácidos grasos esenciales n-3 HUFA y n-6 HUFA y la relación entre ellos es fundamental en



la nutrición de los reproductores y la calidad de los gametos. Los peces carnívoros de agua salada son incapaces de elongar las cadenas de ácidos grasos y reducir la cantidad absoluta de un grupo de ácidos grasos puede alterar la contribución dietaria del otro grupo (Sargent, 1995). La presencia y relación de determinados ácidos grasos poliinsaturados en la dieta, como son los ácidos docosahexaenoico (DHA), eicosapentenoico (EPA) y araquidónico (AA), son importantes, debido a la interacción competitiva existente en su metabolismo. Al igual que en las hembras, la maduración sexual de los machos, la producción de semen y su calidad deben ser optimizados a través de su alimentación (Billard *et al.*, 1995). En machos de *S. quinqueradiata* los perfiles de ácidos grasos de la dieta se reflejan en el semen, influyendo notablemente en la motilidad y vida de los espermatozoides (Verakunpiriya *et al.*, 1996).

La inclusión en la dieta de reproductores de otros ingredientes, como la vitamina E y los carotenoides, mejora sustancialmente la calidad del huevo en varias especies, incluida *P. dentex*, ya que ambos ingredientes juegan un papel importante de protección frente a la oxidación por radicales libres (Watanabe *et al.*, 1991), además de hacer más efectivos los otros componentes de la dieta (Vassallo-Agius *et al.*, 2001). Sin embargo, su nivel de inclusión depende de la especie.

Los reproductores de *P. dentex* alimentados con los primeros piensos desarrollados emitían menos huevos y de peor calidad que los alimentados con una mezcla de pescado, debido a las deficiencias nutricionales que afectaban la maduración gonadal de la especie (Vassallo-Agius *et al.*, 1999). Además, tales huevos no contenían carotenoides aunque éstos estaban presentes en la dieta (Vassallo-Agius *et al.*, 1998), al contrario que en *S. quinqueradiata* donde los huevos contenían carotenoides que eran incorporados desde la dieta (Verakunpiriya *et al.*, 1996).

Los huevos de Carángidos son de mejor calidad cuando los reproductores se alimentan con dietas que contienen carotenoides, principalmente astaxantina, debido al importante papel que juegan como antioxidantes, al secuestrar radicales libres y especies activas por el oxígeno para originar productos menos nocivos, evitando así la inactivación de enzimas y la peroxidación de los lípidos de membrana (Shimidzu *et al.*, 1998).



Los requerimientos de carotenoides de los reproductores varían con la especie porque sus efectos en la calidad de puesta dependen del tipo y cantidad de carotenoide presente en la dieta y de la proporción de lípidos dietarios. Así, dietas que contenían *Spirulina*, como fuente de zeaxantina, principal carotenoide en los huevos de *S. quinqueradiata* y que esta obtiene a partir de la astaxantina de la dieta (Verakunpiriya *et al.*, 1996), no mejoró la puesta de *P. dentex*, y además no aparecían carotenoides en los huevos fertilizados (Vassallo-Agius *et al.*, 1999). La calidad de las puestas mejoró cuando se disminuyó el contenido lipídico del pienso en peso seco del 22 al 15%, lo que sugería que altos contenidos de lípidos en la dieta causaban un excesivo engrasamiento abdominal que afectaba negativamente a la puesta.

Cuando la dieta de reproductores de *P. dentex* contenía 10 mg/kg de astaxantina libre o diesterificada, se mejoró la fecundidad, pero no la calidad del huevo. Pero estos carotenoides seguían sin aparecer en los huevos, bien por no encontrarse en cantidad suficiente en la dieta o por la incapacidad de utilizarlos. Este efecto positivo de la astaxantina depende de la especie, porque mientras aumenta la fecundidad en *P. dentex* y *S. quinqueradiata*, en esta última su presencia parece mejorar la calidad antes que la cantidad (Vassallo-Agius *et al.*, 2001).

La inclusión de una mayor cantidad de astaxantina en la dieta disminuyó la calidad del huevo en *S. quinqueradiata* (Verakunpiriya *et al.*, 1997) y *P. dentex* (Vassallo-Agius *et al.*, 2001) indicando que estas especies no son capaces de convertir grandes cantidades de astaxantina (Watanabe y Vassallo-Agius, 2003).

En *P. dentex* solamente se mejoró la fecundidad y calidad del huevo cuando la dieta de los reproductores contenía ambas fuentes de astaxantina a niveles de 10 mg/kg, elevando la fecundación y eclosión hasta los mejores valores mostrados por los reproductores alimentados con pescado (Vassallo-Agius *et al.*, 2001).

Lo expuesto anteriormente resalta la necesidad de profundizar en el conocimiento de las rutas biológicas de los carotenoides para determinar el óptimo nivel de inclusión en la dieta de cada Carángido (Watanabe y Vassallo-Agius, 2003).

Además del tipo de dieta, la cantidad de alimento y el tiempo necesario que deben alimentarse los reproductores con determinada dieta



para optimizar la reproducción son aspectos importantes que deben ser investigados. Aunque en el salmón una menor ración da lugar a huevos de menor tamaño, sin afectar su composición bioquímica (Knox *et al.*, 1988), se desconoce el efecto que pueda tener en los Carángidos. Como práctica habitual, la alimentación de reproductores de *S. dumerili*, *S. rivoliana* y *P. dentex* se realiza en días alternos a saciedad durante todo el año, incluida la época de puesta, al contrario que *S. quinqueradiata* que no se alimenta durante el periodo de puesta por ser éste más corto que el de estas especies. En cuanto al tiempo necesario de alimentación con una dieta determinada es previsible que varíe en función de la mayor o menor duración del periodo de vitelogénesis de la especie en cuestión, de si se alimenta o no durante la puesta y de los requerimientos en función del estado de desarrollo gonadal (Watanabe y Vasallo-Agius, 2003).

Hay que resaltar que la maduración de los reproductores tiene lugar durante un periodo de tiempo más o menos largo en el que los individuos deben ser cultivados en condiciones de mínimo estrés. Por ello es recomendable mantener bajas densidades de cultivo, buena calidad de agua y dietas formuladas apropiada y específicamente para cada especie (Kawabe *et al.*, 1996).

Actualmente se desarrollan investigaciones encaminadas al diseño de la mejor composición de la dieta para reproductores de *S. dumerili* así como de los piensos utilizados durante su crecimiento. Esta investigación se ha abordado estudiando la composición de diferentes tejidos (músculo, hígado y gónadas) durante el periodo de puesta de hembras y machos, y la comparación de dicha composición entre peces salvajes y cultivados.

El músculo de *S. dumerili* cultivada se caracteriza por tener un mayor contenido lipídico que el salvaje. Sin embargo, mientras que el músculo de los salvajes muestra mayor contenido de saturados (16:0), monoenos (18:1n-9) y n-3 PUFA (principalmente DHA) que el de los cultivados, estos últimos muestran mayor contenido de n-6 PUFA (principalmente 18:2n-6), por lo que la relación n-3/n-6 es menor en el músculo de los cultivados que en el de los salvajes (Haouas *et al.*, 2010). A pesar de ello, comparado con otras especies cultivadas, el músculo de *S. dumerili* tiene un alto contenido total de ácidos gra-



tos insaturados (60,9%) y concretamente de DHA y EPA (29,9%) (Lin y Chen, 2005).

Al contrario que en el músculo, el contenido total de lípidos en el ovario de reproductores salvajes es ligeramente superior y más estable que en el de los cultivados. Sin embargo, excepto los monoeneos (principalmente el 18:1n-9), los ovarios de los cultivados tienen mayor proporción relativa de n-6 PUFA (18:2n-6) y n-3 HUFA (principalmente EPA, 20:5n-3) que los de los salvajes. Así, mientras que los porcentajes de 22:6n-3 (DHA) y 20:4n-6 (AA) no son diferentes entre ambos grupos, la relación DHA/EPA es mayor y la EPA/AA menor en el ovario de los salvajes comparado con el de los cultivados (Rodríguez-Barreto *et al.*, 2012a).

Las relaciones DHA/EPA y EPA/AA obtenidas en dicha investigación han permitido diseñar un pienso experimental para reproductores de *S. dumerili* con los contenidos de ácidos grasos esenciales y carotenoides que puedan mejorar la fecundidad y calidad de los huevos, de forma similar a la desarrollada para otras especies del género. Aunque los resultados aun no son concluyentes, la satisfactoria ingesta de dicho pienso experimental y la obtención de un perfil de ácidos grasos en los tejidos (músculo, hígado y ovario) de los reproductores nacidos en cautividad más semejante al de los reproductores salvajes, suponen un gran avance en el futuro diseño de su dieta (Rodríguez-Barreto *et al.*, 2012b).

1.2.3. Reproducción inducida y natural

El conocimiento de los aspectos relacionados con la sexualidad y reproducción, y de cómo las condiciones de cautividad afectan a la evolución normal del proceso reproductivo en las especies contempladas en este trabajo (*S. dumerili*, *S. rivoliana* y *P. dentex*), es todavía limitado.

Existen estudios que miden los niveles de vitelogenina (VTG) en el plasma de las hembras de *S. dumerili* y se han desarrollado métodos para determinar su presencia en el mucus de la piel, lo que podría ser un método menos traumático que los usados en la actualidad para la determinación del sexo y gestión de los reproductores (Takemura *et al.*, 1999).

En las hembras salvajes de esta especie se detecta un máximo de VTG y otros esteroides sexuales asociados al pico de puesta, no detectándose al final del periodo de puesta. En los machos se presenta un máximo de testosterona en plasma coincidiendo con la espermatogé-



nesis, mientras que la 11-keto-testosterona es la hormona que más incrementa su concentración en la primera mitad del periodo de puesta, cuando los machos producen semen activamente (Mandich *et al.*, 2004).

Los reproductores salvajes se aclimatan bien a la cautividad e inician el desarrollo gonadal, pero la vitelogenesis final y maduración del oocito se inhiben (Micale *et al.*, 1999). Este fallo reproductivo se relaciona con bajos niveles de gonadotropina, insuficientes para estimular la reproducción, debidos al estrés de las condiciones de cautividad como la densidad, volumen, etc. (Lazzari *et al.*, 2000; Pastor *et al.*, 2000).

El uso de hormonas exógenas es una alternativa para inducir la maduración y producción de huevos fertilizados. La eficacia del tratamiento hormonal para la obtención de puestas requiere de la biopsia gonadal, y por tanto de la manipulación de las hembras, para determinar el diámetro de los oocitos que debe ser mayor de 500 μm . Con este diámetro, las hembras de *S. dumerili* han emitido huevos al inyectarles 1 000 IU/kg de hormona gonadotropa (GTH) (Kozul *et al.*, 2001b), utilizando repetidas inyecciones de hormona liberadora de la gonadotropina (LHRH) (Lazzari *et al.*, 2000) y, con mucha más efectividad, utilizando también implantes de liberación lenta de GnRHa (Mylonas *et al.*, 2004).

Un importante factor en la reproducción de esta especie es el cortejo nupcial que realizan varios machos a una sola hembra (Tachihara *et al.*, 1993), razón por la que es deseable conocer la proporción de sexos que se supone debería ser favorable a los machos. El tamaño de los reproductores unido a la proporción de sexos y los cortejos hace pensar que su reproducción requiere de tanques de gran volumen, como se ha puesto de manifiesto en Canarias donde se han obtenido puestas espontáneas (Jerez *et al.*, 2006).

Recientes estudios genéticos de la descendencia obtenida de *S. dumerili* sugieren una desigual contribución parental de los reproductores, información relevante para una mejor gestión futura de los reproductores (Rodríguez-Barreto *et al.*, 2013).

1.2.4. Obtención de puestas

La época de puesta de *S. dumerili* va desde la primavera hasta inicios del otoño, aunque varía con la latitud. Es un ponedor sincrónico



múltiple que emite huevos con una periodicidad superior a la de otras especies de peces (aproximadamente 7 días) (Marino *et al.*, 1995; Micale *et al.*, 1999; Mylonas *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2006).

Se han obtenido puestas inducidas y espontáneas, con fecundidades de 4 000-30 000 huevos/kg (Mylonas *et al.*, 2004) en las puestas inducidas, inferiores a las obtenidas de forma espontánea, estimada en más de 100 000 huevos/kg, pero muy por debajo de la fecundidad estimada en el medio natural (entre 6 y 8×10^5 huevos/kg). El seguimiento del comportamiento reproductivo de un grupo de reproductores de *S. dumerili* mantenidos en un tanque tipo *raceway* de 500 m³ y alimentados con caballa durante 5 años consecutivos, muestra una variación del número de huevos medio por puesta de 0,25-0,55 millones (Figura 9) (Jerez *et al.*, 2007b).

En *S. rivoliana* también se han obtenido puestas espontáneas a escala de laboratorio e industrial. Los reproductores mantenidos en tanques de 18 m³ a temperatura ambiente, salinidad de 35 y fotoperiodo natural, desovan espontáneamente desde abril a diciembre más de 87 veces

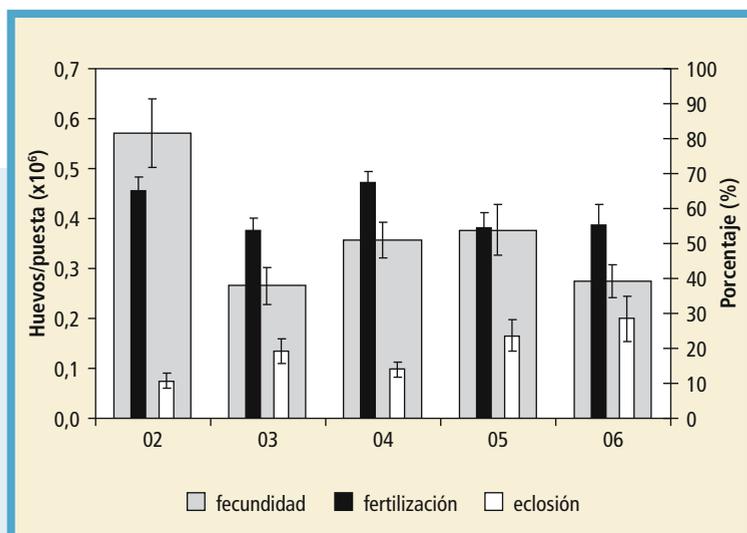


FIGURA 9.

Comportamiento reproductivo de un grupo de reproductores de *Seriola dumerili* durante cinco años consecutivos.



en un año (Blacio, 2002 y 2005). En Hawai se obtienen entre 20 y 80 puestas al año y fecundidades de 5 000-50 000 huevos/hembra en tanques de 20 m³, dependiendo de la densidad de cultivo (CTSA, 2007). Recientes experiencias de inducción hormonal con GnRH α inyectada (20 μ g/kg) han originado puestas entre los meses de julio y octubre (34 000-250 000 huevos fecundados /hembra) y el desarrollo de las primeras experiencias de cultivo larvario de esta especie en Europa a partir de reproductores mantenidos en tanques interiores de 10 m³ (Roo *et al.*, 2009a y 2012).

En Japón se ha conseguido reproducir a *P. dentex*; sin embargo, las experiencias desarrolladas en el Atlántico (Canarias) no han conseguido una reproducción espontánea de los ejemplares de esta especie, aunque sí se ha detectado el desarrollo de las gónadas determinando la maduración sexual en el 100 % de los machos en cautividad y el 40 % de las hembras con oocitos mayores de 500 micras (Guirao *et al.*, 2005).

1.2.5. Incubación y cultivo larvario

Los huevos flotantes emitidos de forma espontánea por *S. dumerili* durante las horas de oscuridad son arrastrados por el agua hacia los colectores con una malla de 500 μ m colocados en los rebosaderos, donde son recogidos evitando que queden en seco. Diariamente se controla la presencia de huevos en dichos colectores y, si hay emisión, se sacan, se decantan para separar los flotantes de los no flotantes, se cuentan y se controla su calidad.

Los huevos recién fecundados son esféricos, transparentes y flotantes, con un diámetro superior a 1 mm y una sola gota de grasa de 0,2 mm (Figura 10). Parte de ellos suelen mantenerse a media agua durante la decantación, por lo que la tasa de flotabilidad no debe confundirse con la fecundación. El huevo de seriola es capaz de flotar y mostrar divisiones del vitelo sin estar fecundado, durante más tiempo que los huevos de espáridos. Los parámetros de calidad comúnmente estudiados son similares a los controlados en otras especies, eliminando las puestas con huevos irregulares, baja fecundación, etc.

Los huevos flotantes son lavados con agua de mar filtrada y esterilizada y puestos en tanques cilíndricos de incubación de 100 a 500 l de capacidad, con aireación y renovación continua con agua de mar

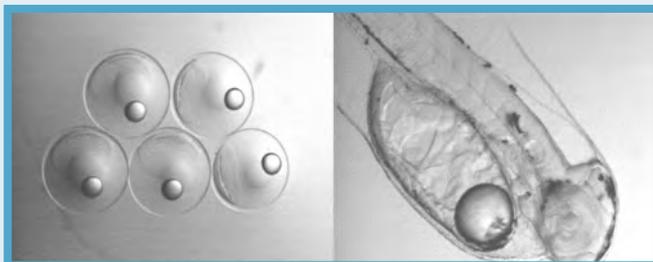


FIGURA 10.

Huevos recién emitidos y detalle de larva de *Seriola dumerili* recién eclosionada.

filtrada a 10 μm en circuito abierto. Las condiciones de temperatura y salinidad son las naturales de la zona. Una o dos veces al día se detiene el flujo de agua y de aire para que los huevos muertos se depositen en el fondo y puedan ser retirados para evitar el deterioro del medio. Cuando se aproxima el momento de la eclosión se aumenta el flujo de agua para facilitar la retirada de los productos derivados de la eclosión.

La duración del desarrollo embrionario es más corta a medida que aumenta la temperatura del agua, variando entre 30 y 45 horas, dando lugar a larvas de 3,5 mm de talla con un saco vitelino que presenta un vitelo segmentado de 0,1 mm^3 de volumen, del cual se alimentan, y una gota lipídica situada en la parte anterior de dicho saco (Figura 10). En *S. rivoliana* la eclosión tiene lugar en 30 horas a 23 °C dando lugar a una larva de 2,5 mm y un volumen de saco vitelino de 1,3 mm^3 (Grossi *et al.*, 2009).

El índice de fecundación en *S. dumerili* varía durante la época de puesta siendo mas alto en los meses centrales (junio-agosto) con valores superiores al 60 %. La tasa de eclosión es también variable, registrándose valores entre 16 y 90 % (Jerez *et al.*, 2006). Puestas obtenidas por inducción en *S. rivoliana* muestran porcentajes medios de fecundación y viabilidad superiores al 90 % y 70 %, respectivamente (Roo *et al.*, 2012), con una duración del periodo de incubación hasta la eclosión que disminuye con el aumento de la temperatura (Blacio, 2002 y 2005).

Las larvas de *S. dumerili* recién eclosionadas se siembran en tanques circulares de 0,5 a 40 m^3 de volumen a una concentración de 5-10



larvas/l, aunque se han ensayado densidades mayores. Las larvas abren la boca entre los 3 y 6 días de edad, momento a partir del cual se observan rotíferos en el digestivo, teniendo los ojos pigmentados a los 4 días. La vejiga natatoria se infla entre los 5 y 9 días. Los mejores resultados de supervivencia se han obtenido en tanques de gran volumen, siguiendo una metodología de cultivo semiintensiva (Lazzari *et al.*, 2000; Papandroulakis *et al.*, 2005). En Canarias, estos tanques son exteriores y están provistos de cobertores que dan una intensidad de luz de 1 400-2 600 lx. Las condiciones de temperatura y salinidad son las naturales (24 °C y 36, respectivamente) y la renovación de agua aumenta con la edad (entre 3 y 75 l/m). Se alimentan con una secuencia de presas típica: adición de fitoplancton desde el día 1 al 22, rotíferos enriquecidos a una concentración media de 5 rotíferos/ml entre los días 2-4 y 22, nauplios de artemia desde el día 14 al 19, metanauplios enriquecidos desde el día 17 al 40 (0,3 artemia/ml), y piensos secos comerciales con tamaño creciente a partir del día 24.

Durante el cultivo larvario se observan dos picos acusados de mortalidad. El primero ocurre antes de abrir la boca y el segundo a edades próximas a los 20 días, similar a lo mostrado por otras especies de seriola (Sakakura y Tsukamoto, 1996; Kolkovski y Sakakura, 2004) y que podría estar relacionado con el cambio de alimentación. El comportamiento gregario aparece sobre los 20 días de edad, coincidiendo con el inicio del comportamiento agresivo contra los individuos de menor tamaño (Papandroulakis *et al.*, 2005). La supervivencia final a la edad de 40 días ronda el 3,5% (Papandroulakis *et al.*, 2005).

El crecimiento de *S. dumerili* durante el cultivo larvario es exponencial y más lento durante los primeros 20 días, igual que ocurre en *S. quinqueradiata* (Sakakura y Tsukamoto, 1999), con un índice de crecimiento en talla de 0,073 mm/día alcanzando aproximadamente 4 cm de talla y 0,5 g de peso a los 40 días (Papandroulakis *et al.*, 2005).

Las larvas de *S. rivoliana* también se han cultivado en tanques de varios tamaños y formas, desde cilindrocónicos de 50 l hasta rectangulares de 1 y 2 m³, con el fin de probar el mejor tanque para el cultivo larvario. Los mejores resultados se han obtenido cuando se cultivan en tanques exteriores de 500 l, a temperatura controlada (26,5 °C) y alimentados con una secuencia típica de rotíferos enriquecidos, nau-



plios de artemia y piensos para larvas. A los 25 días se trasladan a tanques de 5 m³ debido al inicio de una etapa marcada por el canibalismo, a partir de los 21 días, y a su crecimiento, obteniendo una supervivencia del 2,35 %. Recientes estudios realizados en Canarias muestran una mayor supervivencia en los cultivos larvarios de *S. rivoli* desarrollados en condiciones semiintensivas (3,5 %) que en los desarrollados en condiciones intensivas (0,5 %) (Roo *et al.*, 2012), y aunque se detectan mortalidades relacionadas con patologías y adaptación al alimento inerte (Bennetti, 1997), también se relacionan con las deficiencias nutricionales del alimento (Roo *et al.*, 2012).

Recientes estudios en larvas de diferentes especies de seriola, incluida *S. dumerili*, aportan resultados relevantes para el desarrollo de la tecnología de cultivo larvario (Hamasaki *et al.*, 2009).

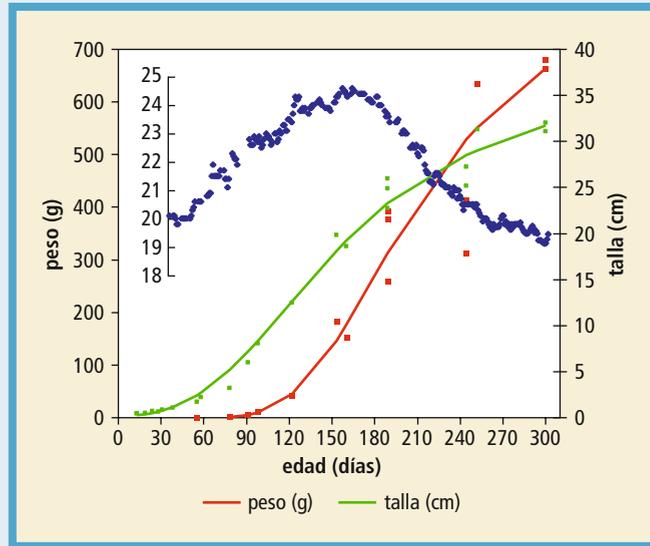
Futuros trabajos relacionados con el tipo, tamaño y composición nutricional de las presas ingeridas, y su relación con las condiciones ambientales (temperatura, luz, etc.) permitirán mejorar la tecnología de cultivo a emplear en las especies de Carángidos.

1.2.6. Preengorde y engorde

El rápido crecimiento mostrado por *Seriola dumerili* la convierte en una especie de gran interés para la acuicultura. En el medio natural los individuos con un año de edad y 32-45 cm, triplican su talla a los 4 años (93-106 cm) (Kozul *et al.*, 2001a). En condiciones de cultivo, ejemplares de un año de edad con una talla de 35-45 cm y un peso de 0,8-1,1 kg, multiplican su talla por 2 y su peso por 9 a los 4 años (García y Díaz, 1995; Jerez *et al.*, 2007a). Este crecimiento es alto comparado con otras especies cultivadas, reafirmando el elevado potencial de la especie para la acuicultura.

Los alevines nacidos en cautividad en Canarias en verano (mayo-junio) pueden alcanzar un peso y talla media en el mes de octubre (150 días de edad) de 175 g y 18 cm, respectivamente, y en el mes de diciembre (210 días de edad) alcanzan un peso medio de 400 g y una talla media de 29 cm (Figura 11). El crecimiento en peso y talla se ralentiza entre diciembre y marzo, coincidiendo con el descenso de la temperatura del agua y se vuelve a incrementar a partir de marzo, lo que permite obtener individuos de 800 g de peso medio y 51 cm de

FIGURA 11.
Evolución del crecimiento en peso y talla, junto a la temperatura de ejemplares de *S. dumerili* nacidos en cautividad en Canarias y alimentados con piensos comerciales desarrollados para otras especies.



talla media al año de edad (Jerez *et al.*, 2003). En *S. dumerili* se produce una disminución importante del crecimiento con el descenso de temperatura, reduciéndose a temperaturas inferiores a 21 °C y de forma considerable por debajo de 17 °C (García y Díaz, 1995; Jerez *et al.*, 2003) (Figura 12).

Lógicamente, el índice específico de crecimiento (SGR, Specific Growth Rate) es más alto durante los primeros 6 meses de edad, respecto de la segunda mitad del año, pasando de valores superiores al 1% día⁻¹ a valores de 0,5-0,6 %·día⁻¹ (Jerez *et al.*, 2003; De la Gándara

FIGURA 12.
Ejemplares de *Seriola dumerili* nacidos en cautividad con 1,5 años de edad.





y Alonso 2005; Jerez *et al.*, 2009a). Este es un fenómeno normal en los peces porque, a medida que crecen, son menos eficientes en convertir el alimento en masa muscular, porque la ingesta de alimento respecto del tamaño del individuo, disminuye más rápido que el gasto energético (Jobling, 1994).

El crecimiento experimentado en Canarias durante los primeros cuatro años en peso y talla se ajustó a las ecuaciones (Figura 13):

$$\text{Peso (kg)} = 0,50 \times e^{0,73 \times \text{edad (años)}} \quad r = 0,95$$

$$\text{Talla (cm)} = 35,82 \times \text{edad}^{0,55} \text{ (años)} \quad r = 0,98$$

ajustándose la relación talla-peso de los peces nacidos en cautividad a la ecuación:

$$\text{Peso (kg)} = 4 \times 10^{-5} \times \text{Talla (cm)}^{2,79} \quad r = 0,99$$

Durante el preengorde y engorde de *S. dumerili*, *S. rivoliana* y *P. dentex* es fundamental, junto a las condiciones de cultivo, el tipo de alimento suministrado y la estrategia de alimentación utilizada, para obtener los mejores crecimientos y estado de salud del pez y una supervivencia mas elevada.

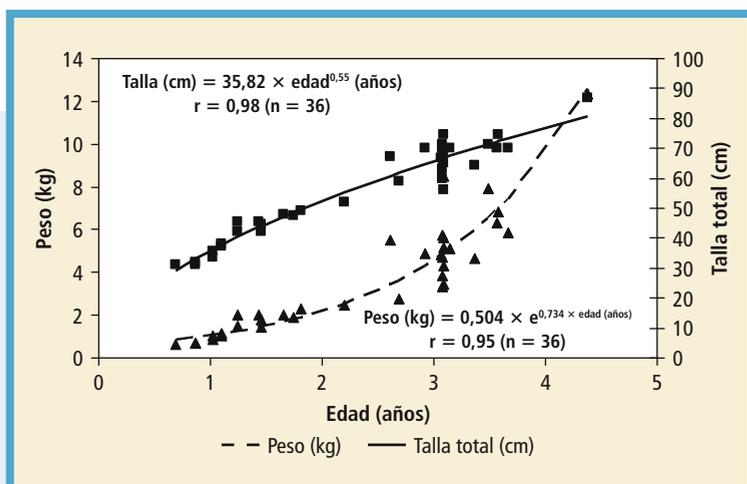


FIGURA 13.

Crecimiento en peso y talla de ejemplares de *Seriola dumerili* nacidos en cautividad.



El conocimiento de los requerimientos alimenticios de una especie es uno de los aspectos básicos en el desarrollo de su cultivo. En los últimos años se ha investigado en el desarrollo de piensos húmedos y extrusionados específicos para *S. dumerili*, mostrando que la especie acepta bien dichos piensos y aportando datos sobre los requerimientos de nutrientes y energía (Jover *et al.*, 1999; García-Gómez, 2000; Talbot *et al.*, 2000). Se sabe que el alimento de las especies de Carángidos durante el crecimiento se caracteriza en general por un alto contenido proteico, superior al 40 %, tal como ocurre en *S. lalandi*, siendo mas alto en los peces mas jóvenes (>53 %) que en los mayores y siendo diferentes los requerimientos en verano que en invierno; también se caracteriza por niveles lipídicos superiores al 20% con altos contenidos en ácidos grasos esenciales (AGE) y elevado contenido calórico. Aun así, los requerimientos nutricionales de *Seriola dumerili* no son actualmente bien conocidos (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y contenido energético), por lo que el diseño del alimento mas idóneo requiere aun de investigación (García y Díaz, 1995). Ante la falta de un pienso comercial específico para esta especie, los ejemplares cultivados se alimentan generalmente con piensos comerciales desarrollados para otras especies. Recientemente se ha iniciado la comercialización de piensos para *S. dumerili* similares a los desarrollados para *S. lalandi* con resultados prometedores. Recientes ensayos con ejemplares de *S. dumerili* de pequeño tamaño alimentados con tres dietas (pienso comercial para dorada, pienso comercial para seriola y caballa troceada) mostraron tan buenos crecimientos y supervivencias en los ejemplares alimentados con el pienso desarrollado para seriola como los obtenidos con caballa (Jerez *et al.*, 2011). Esto, aunque no de forma concluyente, muestra que la línea de desarrollo es adecuada.

El crecimiento y estado de salud de los peces no solo depende de la composición nutricional del alimento, sino también de la forma como este se administra (manual o automática), la frecuencia y hora de alimentación, el periodo y la ración de alimentación (Jobling, 1994). La estrategia de alimentación es uno de los aspectos más importantes en la acuicultura comercial porque influye en el crecimiento y supervivencia, en los efluentes que afectan a la calidad del medio, originando



peores resultados de crecimiento y salud (Tsevis *et al.*, 1992), en el rendimiento económico del cultivo (Webster *et al.*, 2002) y en la composición de los peces (Eroldogan *et al.*, 2004).

Es difícil separar los efectos de la estrategia de alimentación de los de la composición de la dieta y las condiciones ambientales, porque al variar la ración también varían las cantidades absolutas de proteína, lípidos, carbohidratos y energía que obtiene el pez. Así se ha visto, tanto en *S. dumerili* (Jover *et al.*, 1999) como en *P. dentex* (Roo *et al.*, 2005), que la alimentación con dietas de mayor contenido proteico favorece la incorporación de proteínas y un mayor crecimiento cuanto más alta es la temperatura. Ésta y la edad de los ejemplares influyen notablemente en el crecimiento y alimentación de *S. dumerili* tal como se muestra en la tabla II (García-Gómez, 1993).

TABLA II.

Índices de crecimiento y alimentación de ejemplares de *Seriola dumerili* alimentados con pescado (modificado de García-Gómez, 1993).

Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	SGR (% día ⁻¹)	SFR (%)
1	1-1,1	35-45	0,8-1,1	1,7-5,6
2	3-3,2	60-65	0,3-0,4	0,4-2,6
3	5-5,2	70-75	0,2	
4	8-10	85-95		
5	11-13	95-105		

SGR = Specific growth rate - Índice específico de crecimiento

SFR = Specific feeding rate - Índice específico de alimentación

En las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias (Instituto Español de Oceanografía) se han ensayado diferentes estrategias de alimentación, variando la frecuencia (1-3 veces/día) y la ración de alimentación (1,5-4% de la biomasa cultivada) en ejemplares de *S. dumerili* de 4 meses de edad nacidos en cautividad (18 cm de talla y 128 g de peso medios). Los peces cultivados en tanques circulares de 1 m³, mantenidos con renovación continua, en condiciones naturales de temperatura, salinidad (37,5) e iluminación y alimentados con un pienso comercial con un 46 % de proteína bruta



y un 21 % de materia grasa bruta, mostraron en líneas generales un mayor crecimiento en peso (SGR) cuanto más veces al día se repartió el alimento a una ración determinada. Los mejores crecimientos ($1,22-1,29 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$) y el mayor factor de condición ($1,89-1,98$) se consiguieron con una cantidad de alimento equivalente al 3 % de su biomasa repartida de dos o tres veces al día (Jerez *et al.*, 2009a), valores parecidos a los obtenidos en el Mediterráneo en peces de pesos similares alimentados con piensos de distinta composición repartidos dos veces al día ($1,12-1,38 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$) (Talbot *et al.*, 2000; De la Gándara y Alonso, 2005).

En general, el índice de conversión de alimento (FCR) disminuye a medida que aumenta la frecuencia de alimentación, y aumenta de forma considerable para una frecuencia dada, a raciones superiores al 2,5-3 %. Los valores de FCR estuvieron en el rango de los citados en cultivos realizados en el Mediterráneo para ejemplares alimentados con diferentes piensos y estrategias similares ($1,55-1,77$) (Talbot *et al.*, 2000; De la Gándara y Alonso, 2005).

Los resultados mostraron la conveniencia de administrar una cantidad de alimento ligeramente inferior a la ración de saciedad, aunque ésta dependa de la frecuencia (Jerez *et al.*, 2009a). Estrategias similares se usan en el cultivo de *S. quinqueradiata*, alimentando tanto juveniles como adultos con el 80 % del alimento de saciedad, disminuyendo la frecuencia de alimentación de 8-10 a 1-2 veces/día durante el engorde con una cantidad de alimento diaria (ración) que disminuye del 30 al 3% de la biomasa cultivada (Pillay, 1995).

Los Carángidos muestran un ritmo alimentario claramente asociado a los cambios de intensidad lumínica y temperatura que hay que tener en cuenta a la hora de alimentarlos. Tanto en *S. quinqueradiata* como en *S. dumerili* se observan dos máximos de alimentación al día, uno durante las primeras horas de luz de la mañana y el segundo durante las últimas de la tarde (Papadakis *et al.*, 2008), reduciendo notablemente su actividad trófica a temperaturas inferiores a los 18 °C.

Estrategias de alimentación inapropiadas pueden afectar al estado de salud del pez. En general, el exceso de alimento repercute negativamente en el crecimiento, debido a un menor aprovechamiento de los nutrientes, pero también a un efecto negativo en la calidad del



medio que reduce la ingesta por parte del pez, originando estrés y afectando a su estado de salud (Watanabe *et al.*, 1989).

Ante la posibilidad de poder utilizar determinados parámetros hematológicos como indicadores del estado de salud de los individuos cultivados se han realizado recientes investigaciones en *S. dumerili* (Montero *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2009b). Aunque en peces en general es difícil establecer parámetros de referencia, la determinación de los niveles de enzimas, metabolitos, hormonas y valores de hematología sanguínea realizados en *S. dumerili* aportan datos que aumentan el grado de conocimiento que se tiene de la especie, lo que permitirá en el futuro poder utilizarlos como indicadores.

El uso de piensos secos se ha generalizado en el cultivo de peces, debido a su ventaja en el almacenamiento y distribución sobre el pienso húmedo, a pesar de que en algunos casos el alimento seco origina crecimientos inferiores. Las técnicas de cultivo para especies como lubina y dorada están bien establecidas, pasando de una alimentación con presas vivas a una dieta con baja humedad y alto contenido energético antes o inmediatamente después de la metamorfosis (Buddington *et al.*, 1997). Sin embargo, *S. dumerili* no acepta bien las dietas secas, mostrando peores crecimientos durante su destete comparados con los mostrados con dietas húmedas (García-Gómez, 1993; Mazzola *et al.*, 2000). Recientemente se ha investigado la importancia del contenido hídrico en el alimento de *S. dumerili*, ensayando piensos con un 7, 20 y 40 % de humedad. La dieta con un 20% de humedad produjo los mejores crecimientos y FCR. La dieta que contenía un 7% no era bien aceptada, quizás por tener una menor palatabilidad, originando peces más delgados y mayor dispersión de tamaños. El pienso con un 40% de humedad era bien aceptado, pero frágil, y su calidad se vio posiblemente afectada por el alto contenido hídrico (Papadakis *et al.*, 2008). Un alimento suficientemente húmedo requiere menos tiempo para su hidratación en el estómago y favorece los procesos digestivos, el tránsito intestinal, la digestibilidad y la liberación de nutrientes (Skaramuka *et al.*, 2001). Papadakis *et al.* (2008) recomiendan una reducción gradual de la humedad del alimento entre el 40 y 7 % durante un periodo aproximado de 30 días, para mejorar el crecimiento y disminuir el FCR hasta valores de 1,24, muy por deba-



jo de los mostrados por *S. dumerili* alimentada con pescado (5-10) (García y Díaz, 1995; Skaramuka *et al.*, 2001), sin afectar la composición proximal del músculo.

La piscicultura requiere dietas ricas en proteínas y aceites que deberían proceder de fuentes distintas a las marinas en aras de la sostenibilidad de la actividad y de los recursos (Watanabe, 2002). La investigación en la búsqueda de materias primas alternativas que permitan la mejor eficacia del alimento (menores valores de FCR) ha sido y debe seguir siendo prioritaria. La proteína de origen vegetal se incluye ya en la dieta de especies como el salmón en un 15-30%. Sin embargo, la sustitución de harinas y aceites de pescado no puede ser completa sin afectar negativamente el bienestar del animal y el perfil nutricional.

Los valores de eficacia del alimento (FCR) citados para el cultivo de *S. quinqueradiata* en Japón varían en función del tipo de alimento utilizado (pescado-alimento seco), prácticas de alimentación y temperatura del agua. Aunque en general, las bajas temperaturas ralentizan el crecimiento, originando una baja eficacia del alimento y elevados valores de FCR, los peces alimentados con piensos fabricados con harina y aceite de pescado, en una proporción de 61,5% y 14,0 %, respectivamente, muestran valores de FCR mucho menores (3,1) que los alimentados con pescado (6-20) (Nakada, 2000).

En Australia, en el cultivo de *S. lalandi*, se utiliza más pienso que en Japón y con menor contenido de harina y aceite de pescado (35 y 8 %, respectivamente) (PIRSA, 2003). El valor medio de FCR para *S. lalandi* en jaulas alimentadas con estos piensos es de 3,1, aunque recientes datos apuntan incluso a valores menores (1,5) debido a la mejora de las prácticas de alimentación. Dichos valores están en función de la talla y la temperatura. Cuando los peces alimentados son jóvenes, los valores de FCR son más bajos (Benetti *et al.*, 2005). En el caso de *S. lalandi*, el FCR es de aproximadamente 1 para ejemplares de 1 kg, 1,5 para peces de 3 kg, y aproximadamente 1,7 para los de 4 kg. Esto sugiere que las mejoras en el alimento y las prácticas de manejo y alimentación podrían reducir en el futuro el uso de recursos marinos (Miranda y Peet, 2008).

Como el resto de Carángidos, *P. dentex*, tiene unos elevados requerimientos de proteína y lípidos, aunque el contenido graso de la dieta



parece ser inferior al de *S. dumerili* (10-15 %) (Vasallo-Agius *et al.*, 2001). También requieren altos contenidos en ácidos grasos esenciales (AGE), siendo los requerimientos de DHA en la dieta de juveniles y adultos del 1,7 % de la dieta (Takeuchi *et al.*, 1992). Ejemplares juveniles salvajes engordados en aguas de Canarias muestran crecimientos similares a los encontrados en Japón, que se acercan a 1 kg en dos años (Roo *et al.*, 2005). Sin embargo, mientras que los engordados en Japón a una temperatura de 12-16 °C se alimentaron con pienso comercial para salmón (Gardner y Carter, 1999), en Canarias, a mayor temperatura, se alimentaron con piensos comerciales con diferente relación proteína/lípido. El crecimiento mostrado parece estar relacionado con la composición del pienso y la temperatura de cultivo. Así, el contenido en proteína del alimento debe incrementarse con el aumento de la temperatura del agua (Gardner y Carter, 1999; Roo *et al.*, 2005).

El engorde de *P. dentex* en Canarias con pienso comercial para dorada, utilizando una estrategia de alimentación a saciedad con tomas repartidas 3 veces/día, mostró un índice de crecimiento en peso de 0,85 %·día⁻¹ y un elevado factor de condición (1,9) con un FCR de 2,13 (Roo *et al.*, 2005).

Los estudios de crecimiento, alimentación y requerimientos nutricionales de *S. rivoliana* son pocos. Aun así, se sabe que muestra crecimientos altos ya que alcanzan pesos de 2-2,5 kg en 10-12 meses de cultivo después de la captura, a una densidad de 5-10 kg/m³ (Benetti, 1997). Los ejemplares nacidos en cautividad alcanzan 888 g de peso y 41,2 cm de talla a los 236 días de vida, siendo los juveniles alimentados 3 veces al día con piensos comerciales para trucha y mantenidos en tanques circulares de 12 m³, sombreados para asegurar una intensidad de luz entre 1 800-2 500 lux en días soleados (Blacio *et al.*, 2003; Blacio, 2005). En aguas de Canarias, ejemplares de 1,7 kg alcanzan pesos de 6 kg en 3 años, alimentados con pienso comercial para dorada, suplementado con alimento fresco (calamar y mejillón) una vez a la semana (Roo *et al.*, 2009a).

En individuos de *S. dumerili* nacidos en cautividad se ha determinado la presencia de machos fluentes a menor edad que lo descrito para poblaciones salvajes. En ejemplares de 3 años de edad se ha detectado



un 12,7 % de la población como machos fluentes por primera vez con una talla de 64-83 cm y un peso de 4,2-9,9 kg, siendo la talla y peso del resto de la población (no fluentes) de 61-90 cm y 4,9-14,5 kg, respectivamente. A los 4 años de edad se han obtenido puestas espontáneas de hembras aunque con un bajo número de huevos que además no estaban fecundados (Jerez *et al.*, 2007a). La autopsia de ejemplares de edades comprendidas entre 3 y 4 años mostró que el 32,3 % de los individuos eran machos de 3 años de edad, con una talla de 60-70 cm y un peso de 2,5-5,2 kg. El 67,7 % restantes eran hembras entre 3 y 4 años con una talla entre 56 y 91 cm y un peso de 3,2-12,3 kg. Los aspectos nutricionales y hormonales podrían representar una dificultad para el desarrollo del cultivo de esta especie si no existe la adecuada maduración y sincronización entre las hembras y los machos de la descendencia, tal como ocurre en otras especies como el lenguado. El hecho de que ejemplares de *S. dumerili* nacidos en cautividad muestren en general un menor índice gonadosomático (IGS) y un mayor índice hepatosomático (IHS) que individuos salvajes, podría estar relacionado con estos problemas reproductivos.

1.2.7. Patologías

En la *Seriola* se presentan patologías diversas relacionadas con las propias condiciones de cautividad y manipulación. La falta de información al respecto en especies nuevas, como las contempladas en este trabajo, remite al cultivo de otras especies de Carángidos. Las enfermedades en juveniles de *S. quinqueradiata* entre 1989 y 1994 se debieron a virus (24,0 %), bacterias (23,7 %), granulomatosis micótica (14,6 %), parásitos (2,4 %) y a origen desconocido (35,2 %) (Nishioka *et al.*, 1997). Recientemente, Yokoyama *et al.* (2006) también citan infecciones por mixosporidios en *S. quinqueradiata* cultivadas en Japón, pero importados desde Corea del Sur, lo que aporta evidencias de la introducción de nuevas enfermedades y del continuo riesgo ante patógenos desconocidos.

En los cultivos de *S. dumerili* también se ha puesto de manifiesto el efecto negativo de las patologías. Los primeros cultivos en el Mediterráneo se vieron afectados por el hongo *Ichthyophonus hoferi*, abundante en la vejiga natatoria del pescado usado como alimento,



originando mortalidades superiores al 20% (Navarro *et al.*, 1987), aunque su efecto se redujo con el uso de piensos. Otros patógenos causantes de importantes pérdidas en los cultivos de *S. dumerili* son *Paradeontacylix sp.*, responsable de la aparición de sanguinicolosis, y *Heteraxine sp.*, presente en las branquias de muchas especies de peces en general (Grau, 1992). Aunque se han registrado mortalidades asociadas a virus y bacterias (Alcaide *et al.*, 2000), las mayores mortalidades ocurridas se asocian a parásitos.

Las seriolas son altamente susceptibles a la acción de los parásitos trematodos monogéneos *Benedenia seriolae* y *Zeuxapta seriolae*, causantes de mortalidades superiores al 20% en los cultivos de estas especies en Japón y Australia (Whittington *et al.*, 2001), donde ambos parásitos son las dos fuentes principales de problemas para los cultivos de *S. lalandi* (Sharp *et al.*, 2000). *B. seriolae* causa una mortalidad estacional más elevada que la ocasionada por *Z. seriolae*, mucho más moderada (Hutson *et al.*, 2007).

Gran parte de la mortalidad registrada en los cultivos de *S. dumerili* en el Mediterráneo español es causada por *Z. seriolae* (Montero *et al.*, 2004), mientras que en Canarias aparece *B. seriolae* (datos no publicados).

Estos ectoparásitos actúan en los epitelios de intercambio de los individuos alterando su normal funcionamiento y originando desequilibrios osmóticos. *B. seriolae* se caracteriza por parasitar la piel, mientras que *Z. seriolae* parasita las branquias. Son parásitos con ciclos de vida directos (con un solo hospedador), logrando con ello reproducirse rápidamente e infectar a otros hospedadores directamente (Hutson *et al.*, 2007). Sin embargo, el riesgo para otras especies distintas de *Seriola* es mínimo, por su alta especificidad para el hospedador (Whittington *et al.*, 2001). Su rápida proliferación en las instalaciones, ante la ausencia de tratamientos efectivos, causa en los peces pérdida de apetito, aletargamiento, tendencia al agrupamiento, secreción acusada de mucus, ceguera, adelgazamiento acusado (Benetti *et al.*, 2005) y, en último término, la muerte por pérdida del control osmótico (Sharp *et al.*, 2000). Su acción es más importante en los individuos menores de 1 año, durante el primer invierno.



Otro parásito que afecta a *S. dumerili*, entre otras especies, causando mortalidades de hasta el 100 % es el ciliado *Cryptocaryon irritans* (Rigos *et al.*, 2001). Éste es un parásito obligatorio con un ciclo biológico complejo que lo hace difícil de combatir (Colorni, 1987). Su aparición se relaciona con altas temperaturas en el agua (25 °C) y desaparece a temperaturas inferiores a los 20 °C. En *S. dumerili* la parasitosis se concentra fundamentalmente en las branquias. Los síntomas más evidentes son peces aletargados, dificultades respiratorias e inapetencia.

Los tratamientos para combatir estos parásitos incluyen baños de peróxido de hidrógeno, praziquantel como medicamento en el pienso, formalina (Kolkovski y Sakakura, 2004) y baños en agua dulce. Su efectividad es bastante variable y algunos, lógicamente, de muy difícil aplicación en instalaciones en el mar.

Ante la variable efectividad y difícil aplicación de estos tratamientos es conveniente implantar prácticas preventivas adecuadas, ya seguidas en Australia y Japón, como:

- rotación de las jaulas en diferentes ubicaciones, porque la combinación de poca profundidad y fondos lodosos incrementan la probabilidad de epidemias (Chambers y Ernst, 2005).
- obtención de alevines no infectados de criaderos donde tengan implantadas prácticas estándar de bioseguridad (Hutson *et al.*, 2007), como son su seguimiento regular, separación de clases de edad y adecuadas prácticas de manipulación de los individuos, asociadas a una mayor facilidad de aplicación de tratamientos si el parásito explota.
- adecuada separación entre instalaciones para evitar la transmisión de enfermedades y/o parásitos (constatada en los cultivos de *S. quinqueradiata* en Japón y *S. lalandi* en Australia), recomendándose una distancia superior a los 8 km (Chambers y Ernst, 2005).

Otras prácticas consisten en mantener una densidad adecuada de cultivo, limitada en Australia para *S. lalandi* a un máximo de 10 kg/m³ (inferiores a las de Japón), control de calidad del agua, seguimiento del bentos al menos una vez al año, uso de medicamentos y minimización del riesgo de escapes (PIRSA, 2003).



La identificación de los agentes patógenos y su seguimiento y control también facilitaría el desarrollo de tratamientos apropiados (quimioterapéuticos y vacunas) (Sano, 1998).

1.3. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El cultivo de las especies correspondientes a este capítulo, y fundamentalmente de *Seriola dumerili*, tiene una gran proyección de crecimiento, siempre y cuando se resuelvan los problemas existentes actualmente en su cultivo.

El desarrollo de las técnicas de producción de alevines en cautividad es crucial para el crecimiento de su cultivo. Actualmente existen conocimientos relativos al uso de técnicas de inducción a la reproducción y a la obtención de huevos de forma natural en estas especies. Sin embargo, sería conveniente continuar investigando en la tecnología de inducción de puestas ante posibles fallos reproductivos en ejemplares mantenidos en cautividad o en su descendencia, como se ha visto en reproductores de *Seriola dumerili* nacidos en cautividad, sin causas aun establecidas. Un mayor conocimiento del comportamiento de las hormonas implicadas en la reproducción permitiría la elección de tratamientos, métodos de aplicación y momentos de administración apropiados. La manipulación que requiere la inducción hormonal, unido al gran tamaño de los individuos de estas especies, aconseja también el desarrollo de métodos de manejo (determinación del sexo, estado de maduración, inducción, etc.) lo menos traumáticos posibles.

El cultivo larvario constituye un problema asociado a la reproducción, y particularmente el desarrollo de métodos eficientes de alimentación. La selección de ciertas características de las presas (tamaño, composición, etc.) y/o nuevas presas, junto a la definición de los enriquecedores más idóneos para estas especies, constituyen un objetivo a alcanzar en los próximos años. El desarrollo de dietas larvarias formuladas podría sustituir más adelante los cultivos de presas vivas en grandes volúmenes. Por otra parte, la paulatina optimización de parámetros de cultivo como volumen, densidad de siembra y de presas, luz, temperatura, salinidad, etc., repercutirán positivamente en el cultivo de estas especies.



La nutrición de los reproductores es otro problema asociado que requiere de un desarrollo futuro. Existe poca información sobre dietas de reproductores, de *Seriola dumerili* y *Seriola rivoliana* fundamentalmente, que mejoren la fecundidad y calidad de puesta actual, que en general es más bien baja. Para mejorar la puesta de estas especies se requiere de conocimientos sobre la cantidad y calidad de los nutrientes incorporados en la dieta. Aunque se está avanzando en este sentido, se está al inicio de un largo proceso de desarrollo.

No cabe duda que la selección genética en estas especies solo será posible cuando exista una producción masiva de alevines. El uso de herramientas genéticas y biotecnológicas aportará conocimientos importantes para el cultivo de estas especies, y ya se están comenzando a utilizar determinadas herramientas genéticas que podrían aportar datos de gran aplicabilidad en la gestión de los grupos de peces.

Se ha iniciado la determinación de los requerimientos nutricionales durante el preengorde y engorde de estas especies. También se han adquirido conocimientos relacionados con las estrategias de alimentación más idóneas. En cualquier caso estos estudios han mostrado que dietas desequilibradas o excesos de alimento se traducen generalmente en estrés, deterioro de la salud y patologías. El futuro desarrollo de piensos específicos para estas especies, desde un punto de vista medioambiental, debe contemplar un bajo contenido proteico y elevada energía, pero además deben utilizar materias primas procedentes de fuentes alternativas a las marinas, en los niveles que permitan la mayor eficiencia del alimento, estado de salud y calidad nutricional.

Las patologías tienen una alta incidencia y, por tanto, interés en los cultivos. El mejor conocimiento de la biología de los patógenos permite el desarrollo de tratamientos efectivos. Sin embargo, se debe poner mayor énfasis en los protocolos de prevención a seguir antes que en los tratamientos, porque éstos podrían ser utilizados masivamente sin conocer exactamente sus implicaciones ambientales y para la salud humana.

En el futuro, el desarrollo de la tecnología de mejora inmunológica permitirá mediante biotecnología el diseño de vacunas, métodos rápidos de diagnóstico de enfermedades, etc. De momento, solo existe una



escasa información relativa a parámetros de bioquímica y hematología sanguínea.

1.4. BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO P., FONTES J., MORATO T., HOLLAND K.N. y SANTOS R.S. 2008. Reproduction and spawning habitat of white trevally, *Pseudocaranx dentex*, in the Azores, central north Atlantic. *Sci. Mar.* 72(2): 373-381.
- ALCAIDE E., SANJUAN E., DE LA GÁNDARA F. y GARCÍA-GÓMEZ A. 2000. Susceptibility of Amberjack (*Seriola dumerili*) to bacterial fish pathogens. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* 20(3): 153-156.
- ANDALORO F. y PIPITONE C. 1997. Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili* in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cah. Biol. Mar.*, 38(2): 91-96.
- BARREIROS J.P., MORATO T., SANTOS R.S. y BORBA A.E. 2003. Interannual changes in the diet of Almaco Jack, *Seriola rivoliana* (Perciformes; Carangidae) from the Azores. *Cybium* 27(1): 37-40.
- BENETTI D.D. 1997. Spawning and larval husbandry of flounder (*Paralichthys woolmani*) and Pacific yellowtail (*Seriola mazatlana*), new candidate species for aquaculture. *Aquaculture*, 155: 307-318.
- BENETTI D.D., NAKADA M., SHOTTON S., POORTENAAR C., TRACY P.L. y HUTCHINSON W. 2005. Aquaculture of three species of yellowtail jacks. En: *Aquaculture in the 21st Century*. Kelly A.M. y Silverstein J. (Eds.), American Fisheries Society Symposium 46: Phoenix, AZ, USA: 491-515.
- BILLARD R., COSSON J., CRIM L.W. y SUQUET M. 1995. Sperm physiology and quality. En: *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Bromage N.R. y Roberts R.J. (Eds.), Blackwell, Oxford: 25-52.
- BLACIO E. 2002. Avances en el manejo de huayaípe, *Seriola mazatlana*. *CENAIM Informa. Boletín Informativo* N.º 71.
- BLACIO E. 2005. Cultivo de huayaípe (*Seriola rivoliana*) en piscinas de tierra y piscinas cubiertas con geomembrana. *CENAIM Informa. Boletín Informativo* N.º 123.
- BLACIO E., DARQUEA J. y RODRIGUEZ, S. 2003. Experimental culture of Ecuadorean huayaípe. *Global Aquaculture Advocate*, 6 (1): 71-72.
- BOUHLEL M. 1988. *Poissons de Djibouti*. RDA International Inc. Placerville (California, USA). 416 pp.
- BUDDINGTON R.K., KROGDAHL A., BAKKE-MCKELP A.M. 1997. The intestines of carnivorous fish: structure and functions and relations with diet. *Acta Physiol. Scand.* 161: 67-80.



- CARIDI D., GRECO S., LO PARO G., MICALE V. y ARENA G. 1992. Indagini di pesca per il reperimento di novellame di *Seriola dumerili* in un area del basso Tirreno (Isole Eolie). *Oebalia*, XVII (2 Suppl.): 91-96.
- CASTRIOTA L., GRECO S., MARINO G. y ANDALORO F. 2002. First record of *Seriola rivoliana* Cuvier, 1833 in the Mediterranean. *J. Fish Biol.* 60(2): 486-488.
- CHAMBERS C.B. y ERNST I. 2005. Dispersal of skin fluke *Benedenia seriolae* (Monogenea: Capsalidae) by tidal currents and implications for sea-cage farming of *Seriola* spp. *Aquaculture*, 250:60-69.
- COLORNI, A. 1987. Biology of *Cryptocaryon irritans* and strategies for its control. *Aquaculture* 67: 236-237.
- CTSA (Center for Tropical and Subtropical Aquaculture). 2007. *Amberjack fingerling production, Year 2*. CTSA, Accomplishment Report 2007. Waimanalo-Honolulu, Hawaii.
- DE LA GANDARA F. y ALONSO I. 2005. The impact of sampling frequency on the growth and feeding of young Mediterranean amberjack. *Seriola dumerili* (Risso, 1810). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4): 163-167.
- EROLDOGAN O.T., KUMLUA M. y AKTAS M. 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture* 231: 501-515.
- FAO. 2008. *Cultured Aquatic Species Information Programme Seriola quinqueradiata (Temminck & Schlegel 1845)*. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Seriola_quinqueradiata/en
- GARCÍA-GÓMEZ A. 1993. Primeras experiencias de crecimiento de juveniles de seriola mediterránea (*Seriola dumerili*, Risso 1810) alimentados con una dieta semihúmeda. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 9(2): 347-60.
- GARCÍA A. y DÍAZ M.V. 1995. Culture of *Seriola dumerili*. *Cah. Opt. Méditerr.* 16: 103-114.
- GARCÍA-GÓMEZ A. 2000. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerili*. *Cah Options Méditerr.* 47: 249-57.
- GARDNER D. y CARTER C.G. 1999. Feed intake and growth of silver trevally at the southern limit of their distribution. *Aquaculture International* 7: 357-360.
- GRAU A. 1992. *Aspectos histológicos, ciclo reproductor y principales procesos patológicos de Seriola dumerili, Risso 1810 (Carangidae)*. PhD Thesis, Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma, Barcelona.
- GRAY C.A. 1993. Horizontal and vertical trends in the distribution of larval fishes in coastal waters off central New South Wales. *Mar. Biol.* 116: 649-666.
- GRECO S., ARENA G., CARIDI D. y MICALE V. 1991. An improved method of capture and transport for juveniles of *Seriola dumerili*. En: *Aquaculture and Environment*, De Pauwn y Joyce J. (Eds.), Aquaculture 1991, Dublin, Irlanda : 130-131.
- GRECO S., CARIDI D., CAMMAROTO S. y GENOVESE L. 1993. Preliminary studies on artificial feeding of amberjack fingerlings. En *Production, Environment and*



- Quality. Barnabé G. y Kestemont P. (Eds). *European Aquaculture Society Special Publication No. 18*: 247-254.
- GROSSI E., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., ABREU N., SOCORRO J., ROO J., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M. y SCHUCHARDT D. 2009. Organogénesis y morfometría de la fase lecitotrófica de larvas del medregal negro (*Seriola rivoliana* Valenciennes, 1883). En *Actas XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid, 24-26 Nov. 2009: 566-567.
- GUIRAO R., SOCORRO J., REYES T., ROO J., FERNÁNDEZ-PALACIOS H. e IZQUIERDO M. 2005. Estudio del desarrollo gonadal del jurel dentón *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider, 1801) en aguas costeras de las islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21 (1-4): 271-282.
- HAMASAKI K., TSURUOKA K., TERUYA K., HASHIMOTO H., HAMAD K., HOTTA T. y MUSHIAKE K. 2009. Feeding habits of hatchery-reared larvae of greater amberjack *Seriola dumerili*. *Aquaculture* 3-4: 216-225.
- HAOUAS W.G., ZAYENE N., GUERBEJ H., HAMMAMI M. y ACHOUR L. 2010. Fatty acids distribution in different tissues of wild and reared *Seriola dumerili*. *Int. J. Food. Sci. Technol.*, 45: 1478-1485.
- HARRIS P.J. 2004. *Analytical Report. Age, growth, and reproduction of greater amberjack, Seriola dumerili, in the southwestern north Atlantic*. Marine Resources Research Institute, South Carolina Department of Natural Resources, Charleston, South Carolina, 35 pp.
- HOLTHUS P. 2009. *Seriola & Cobia Aquaculture Dialogue. Meeting Summary*. World Wildlife Fund, September 2009. Veracruz, Mexico. www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/WWFBinaryitem14170.pdf
- HUTSON K., ERNST I. y WHITTINGTON I.D. 2007. Risk assessment for metazoan parasites of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae) in South Australian sea-cage aquaculture. *Aquaculture*, 271: 85-99.
- JEREZ S., CEJAS J.R., SANTAMARÍA F.J., VILLAMANDOS J.E., SAMPER M. y FELIPE B. 2003. Cultivo larvario, prengorde y engorde de medregales (*Seriola* sp.) nacidos en cautividad. En *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*, Cádiz, Mayo 2003: 390-391.
- JEREZ S., SAMPER M., SANTAMARÍA F.J., VILLAMANDOS J.E., CEJAS J.R. y FELIPE B.C. 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*, 252: 199-207.
- JEREZ S., CEJAS J.R., SAMPER M., FELIPE B.C., SANTAMARÍA F.J. y VILLAMANDOS J.E. 2007a. Crecimiento y maduración sexual en ejemplares de medregal *Seriola dumerili* nacidos en cautividad en Canarias. Poster. En *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Vigo, 24-28 Sep. 2007: 783-786.
- JEREZ S., CEJAS J.R., VILLAMANDOS J.E., SAMPER M., FELIPE B.C. y SANTAMARÍA F.J. 2007b. Comportamiento reproductivo y calidad de puesta de reproductores de *Seriola dumerili* entre 2002 y 2006. Poster. En *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Vigo, 24-28 Sep. 2007: 787-790.



- JEREZ S., HERNÁNDEZ I., CEJAS J.R., ALMANSA E., SAMPER M. y SANTAMARÍA, F.J. 2009a. Efecto de la estrategia de alimentación en el crecimiento del medregal (*Seriola dumerili*) en condiciones de cultivo. En *Actas XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid, 24-26 Nov. 2009: 164-165.
- JEREZ S., HERNÁNDEZ I., CEJAS J.R., ALMANSA E., SAMPER M., VILLAMANDOS J.E. y FELIPE B.C. 2009b. Efectos de la estrategia de alimentación en la hematología y bioquímica sanguínea del medregal (*Seriola dumerili*) en condiciones de cultivo. En *Actas XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid, 24-26 Nov. 2009: 162-163.
- JEREZ S., CEJAS J.R., MARTÍN, M.V., BOLAÑOS, A., RODRÍGUEZ, D., LORENZO, A. 2011. Efecto del tipo de alimento y densidad de cultivo en el engorde de *Seriola dumerili*. En *Actas XIII Congreso Nacional de Acuicultura 2011*. Barcelona, 21-24 Nov. 2011.
- JOBLING M., 1994. *Fish bioenergetics*. Chapman & Hall, London. 309 pp.
- JOVER M., GARCÍA-GÓMEZ A., TOMÁS A., DE LA GÁNDARA F. y PÉREZ L. 1999. Growth of mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture* 179 (1-4): 25-33.
- KAILOLA P.J., WILLIAMS M.J., STEWART P.C., REICHEL T.E., MCNEE A. y GRIEVE C. 1993. *Australian Fisheries Resources*. Bureau of Resource Sciences, Canberra, Australia. 422 pp.
- KAWABE K., KATO K., KIMURA J., OKAMURA Y., ANDO K., SAITO M. y YOSHIDA K. 1996. Rearing of broodstock fish and egg-taking from amberjack *Seriola dumerili* in Chichi-jima, Ogasawara Islands, Southern Japan. *Suisan Zoyozhoku* 44: 151-157 (in Japanese with English abstract).
- KIKKAWA B.S. y EVERSON, A.R. 1984. Gonadal maturation, fecundity, and spawning of the greater amberjack, *Seriola dumerili* (Risso), in Hawaiian Waters with References to ciguatera incidences. En *Proceedings of the second symposium on resource investigations in the Northwestern Hawaiian Islands vol. 2*, Grigg R.W. y Tanoue K.Y. (Eds.). Univ. of Hawaii Sea Grant College Program, Honolulu: 161- 178.
- KNOX D., BROMAGE N.R., COWEY C.B. y SPRINGATE, J.R.C. 1988. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 69, 93-104.
- KOLKOVSKI S. y SAKAKURA Y. 2004. Yellowtail kingfish, from larvae to mature fish -problems and opportunities. En *Avances en Nutrición Acuicola VII*. Cruz Suárez L. E., Ricque Marie D., Nieto López M. G., Villarreal D., Scholz U. y González M., (Eds), Hermosillo, Sonora, México.
- KOZUL V., SKARAMUKA B., KRALJEVIC M., DULCIC J. y GLAMUZINA B. 2001a. Age, growth and mortality of the Mediterranean amberjack *Seriola dumerili* (Risso 1810) from the south-eastern Adriatic Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 17: 134-41.
- KOZUL V., SKARAMUKA B., GLAMUZINA B., GLAVIC N. y TUTMAN P. 2001b. Comparative gonadogenesis and hormonal induction of spawning of cultured and wild mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*, Risso 1810). *Sci. Mar.* 65(3): 215-20.



- LAZZARI A. y BARBERA G. 1988. First data on the fishing of yellowtail (*Seriola dumerilii*) spawners in the mediterranean basin. *J. Aquat. Prod.* 2(1): 133-142.
- LAZZARI A., FUSARI A., BOGLIONE C., MARINO G. y DI FRANCESCO M. 2000. Recent advances in reproductional and rearing aspects of *Seriola dumerili*. *Cah. Options Méditerr.* 47: 241- 247.
- LIN L. y CHEN W. 2005. Fatty acid composition and nutrition evaluation in muscle of five cultured marine fish. *Fujian Journal of Agricultural Sciences* 2005-S1. DOI: 1008-0384.0.2005-S1-018
- MANDICH A., MASSARI A., BOTTERO S., PIZZICORI P., GOOS H. y MARINO G. 2004. Plasma sex steroid and vitellogenin profiles during gonad development in wild Mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*). *Mar. Biol.* 144: 127-138.
- MANOOCH C.S. y HAIMOVICI M. 1983. Foods of greater amberjack, *Seriola dumerili*, and almaco jack, *Seriola rivoliana* (Pisces: Carangidae), from the South Atlantic Bight. *J. Sci. Soc.*, 99(1): 1-9.
- MARINO G., MANDICH A., MASSARI A., ANDALORO F. y PORRELLO S. 1995. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerilii* Risso) during spawning period. *J. Appl. Ichtiol.* 11, 9-24.
- MAZZOLA A., FAVALORO E. y SARA G. 2000. Cultivation of the Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), in submerged cages in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture.* 181: 257- 268.
- MICALE V., MARICCHIOLO G. y GENOVESE L. 1999. The reproductive biology of the amberjack, *Seriola dumerili* (Risso 1810). I. Oocyte development in captivity. *Aquac. Res.* 30(5):349-55.
- MIRANDA I.T. y PEET C. 2008. *Farmed Yellowtail Seriola spp. Japan and Australia Final Report*, October 22, 2008.
- MONTERO F.E., CRESPO S., PADRÓS F., DE LA GÁNDARA F., GARCÍA-GÓMEZ A. y RAGA J.A. 2004. Effects of the gill parasite *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) on the amberjack *Seriola dumerili* Risso (Teleostei: Carangidae). *Aquaculture* 232(1-4):153-63
- MYLONAS C.C., PAPANDROULAKIS N., SMBOUKIS A., PAPADAKI M. y DIVANACH P. 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH α implants. *Aquaculture* 237, 141-154.
- NAKADA M. 2000. Yellowtail and Related Species Culture. En *Encyclopedia of Aquaculture*. Stickney R. (Ed.). Wiley-Interscience Publication, New York: 1007-1036.
- NAKADA M. 2002. Yellowtail culture development and solutions for the future. *Rev. Fish. Sci.* 10(3-4): 559-75.
- NASH C.E. 1995. The oceanic pelagic fishes. Chapter 20:357-367. En *Production of Acuatic Animals: Fishes*, Nash C.E. y Novotny A.J. (Eds.), Elsevier Health Sciences Publications, Amsterdam, Netherlands: 357-367.



- NAVARRO J.M., BELMONTE A. y CULMAREX SA. 1987. Cultivo de seriola en jaulas flotantes en la bahía de El Hornillo (Murcia SE España). *Cuadernos Marisqueros*, 8:11-6.
- NISHIOKA T., FURUSAWA T. y MIZUTA Y. 1997. Diseases occurring in marine fish and shellfish hatcheries in Japan (1989-1994). *Suisan - Zoshoku*, 45: 285-290.
- PAPADAKIS I.E., CHATZIFOTIS S., DIVANACH P. y KENTOURI M. 2008. Weaning of greater amberjack (*Seriola dumerilii* Risso 1810) juveniles from moist to dry pellet. *Aquaculture International*, 16:13-25.
- PAPANDROULAKIS N., MYLONAS C., MAINGOT E. y DIVANACH P. 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*, 250(1-2): 155-61.
- PASTOR E., GRAU A., RIERA F., POU S., MASSUTI E. y GRAU A.M. 2000. Experiences in the culture of new species in the "Estacion de Acuicultura" of the Balearic Government (1980-1998). *Cah. Options Méditerr.* 47: 371-379.
- PILLAY T.V.R. 1995. *Aquaculture principles and practices*. Fishing News Books, Oxford, England.
- PIRSA. 2003. Fact Sheet: Yellowtail Kingfish Aquaculture in SA. *Office of Primary Industries and Resources South Australia*, accessed 2008.
- RIGOS G., PAVLIDIS M. y DIVANACH P. 2001. Host susceptibility to *Cryptocaryon* sp infection of Mediterranean marine broodfish held under intensive culture conditions: a case report. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 21(1): 33-6.
- RODRÍGUEZ-BARRETO, D., JEREZ, S., CEJAS, J.R., MARTÍN, M.V., ACOSTA, N.G., BOLAÑOS, A., LORENZO, A. 2012a. Comparative study on lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture*, 360-361: 1-9.
- RODRÍGUEZ-BARRETO, D., JEREZ, S., CEJAS, J.R., MARTÍN, M.V., ACOSTA, N.G., BOLAÑOS, A., LORENZO, A. 2012b. Assessment of essential fatty acids requirements of greater amberjack *Seriola dumerili* broodstock. *AQUA 2012*. World Aquaculture Society. Praga, 1-5 Sep. 2012.
- RODRÍGUEZ-BARRETO, D., CONSUEGRA, S., JEREZ, S., CEJAS, J.R., MARTÍN, M.V., LORENZO, A. 2013. Using molecular markers for pedigree reconstruction of the greater amberjack (*Seriola dumerili*) in the absence of parental information. *Animal Genetics* (accepted).
- ROO J., SOCORRO J., GUIRAO R., REYES T., HERNÁNDEZ-CRUZ C., FERNÁNDEZ-PALACIOS H. e IZQUIERDO M.S. 2005. First trial of striped jack *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider, 1801) on growing in tanks, in laboratory and floating cages. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4): 201-206.
- ROO J., SCHUCHARDT D., SOCORRO J.A., GUIRAO R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M. y FERNÁNDEZ-PALACIOS H. 2009a. Maduración y obtención de puestas de *Seriola rivoliana* en Canarias. En *Actas XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid, 24-26 Nov. 2009: 598-599.



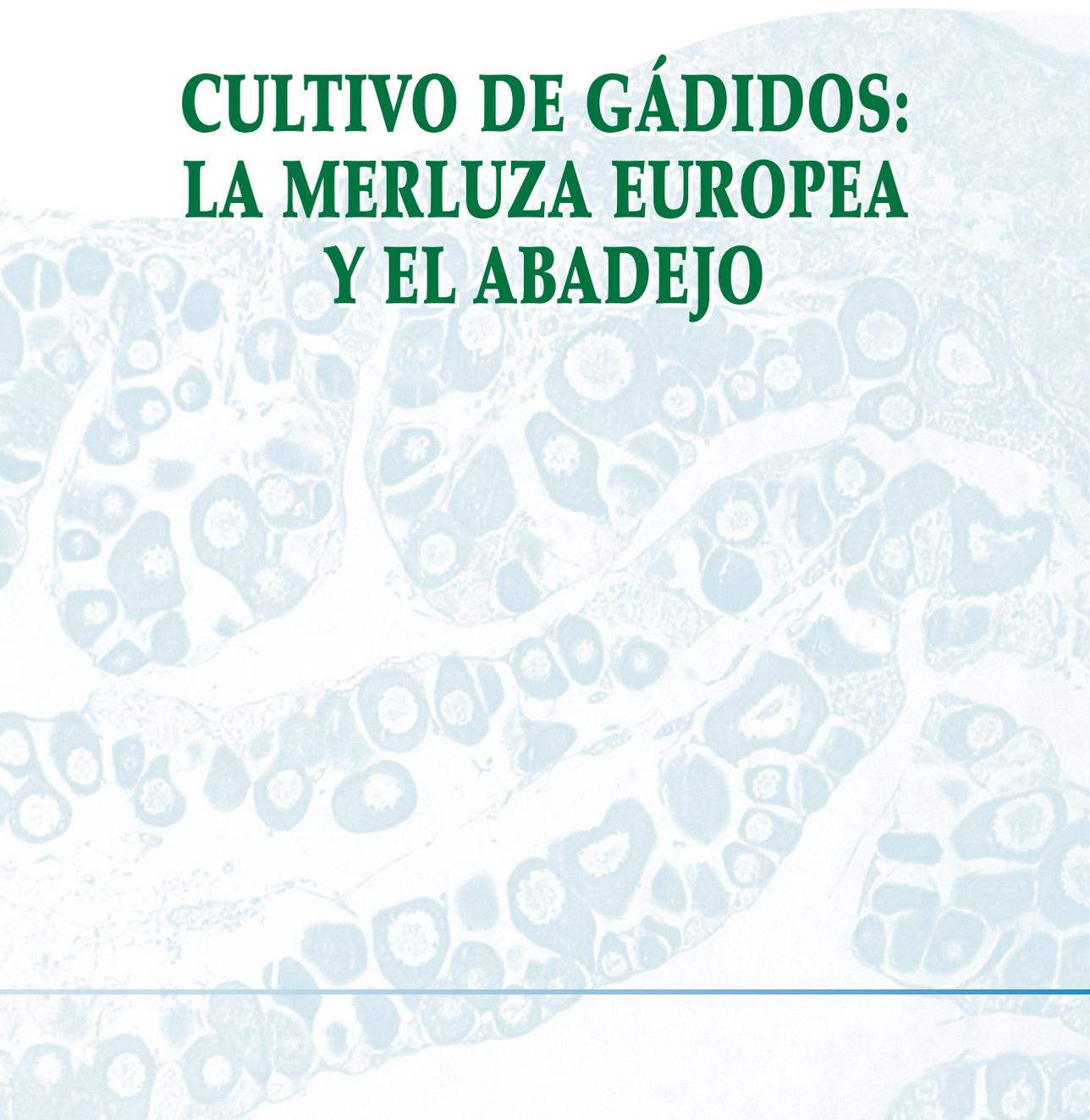
- ROO J., SCHUCHARDF D., SOCORRO J.A., GUIRAO R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M. y FERNÁNDEZ-PALACIOS H. 2009b. Evolución de la maduración gonadal de ejemplares de *Seriola dumerili* mantenidos en cautividad. En *Actas XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid, 24-26 Nov. 2009: 596-597.
- ROO, J., FERNÁNDEZ-PALACIOS, H., HERNÁNDEZ-CRUZ, C. M., MESA-RODRIGUEZ, A., SCHUCHARDT, D., IZQUIERDO, M. 2012. First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *Seriola rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine fin-fish aquaculture diversification. *Aquac. Res.* doi: 10.1111/are.12007.
- ROWLING K.R. y RAINES L.P. 2000. *Description of the biology and an assessment of the fishery for Silver Trevally Pseudocaranx dentex off New South Wales*. Sydney: NSW Fisheries, Report to Fisheries Research and Development Corporation.
- SAKAKURA Y. y TSUKAMOTO K. 1999. Onset and development of cannibalistic behaviour in early life stages of yellowtail. *J. Fish Biol.* 48:16-29.
- SANO T. 1998. Control of fish disease, and the use of drugs and vaccines in Japan. *J. Appl. Ichthyol.* 14 (3-4): 131-137.
- SARGENT J.R. 1995. Origins and functions of lipids in eggs: nutritional implications. En: *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Bromage N.R. y Roberts R.J. (Eds.), Blackwell, Oxford: 353-372.
- SEKI M.P. 1986. *Section on Pseudocaranx dentex*. En: *Fishery atlas of the Northwestern Hawaiian Islands*, Uchida R.N. y Uchiyama J.H. (Eds.), NOAA Tech. Rep. NMFS 38: 96-97.
- SHARP N., POORTENAAR C. y DIGGLES, B. 2000. Controlling monogenean parasites in kingfish aquaculture. En *Proceedings of New Zealand Marine Science Society Conference*. Hamilton, August/September 2000.
- SHIMIDZU N., GOTO M. y MIKI W. 1998. Carotenoids as single oxygen quenchers in marine organisms. *Fish. Sci.* 62: 134-137.
- SMITH-VANIZ W.F. (1986). Carangidae. En *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Vol. II*. UNESCO: 815-844.
- SKARAMUKA B., KOZUL V., TESKEREDZIC Z., BOLOTIN J. y ONOFRI V. 2001. Growth rate of tank reared Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso 1810) fed on three different diets. *J. Appl. Ichthyol.* 17: 130-33.
- TAGAWA A.W. y TAM C.K.M. 2006. *Hawaii's Uluu and Papio Tagging Project 2000 to 2004*. DAR Technical Report 06-01.
- TAKEMURA A., TAKEUCHI H., TERUYA K., OKA M. y KANEMATSU M. 1999. Immunochemical estimation of reproductive activity in hatchery-reared female greater amberjack, *Seriola dumerili*, using skin mucus. *Fish. Sci.* 65: 792-793.
- TACHIHARA K., EBISU R. y TUKASHIMA Y. 1993. Spawning, eggs, larvae and juveniles of the purplish amberjack *Seriola dumerili*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 59: 1479-1488.
- TAKEUCHI T., ARAKAWA T., SATOH S. y WATANABE T. 1992. Supplemental effect of phospholipids and requirement of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid of juvenile Striped Jack. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(4): 707-713.

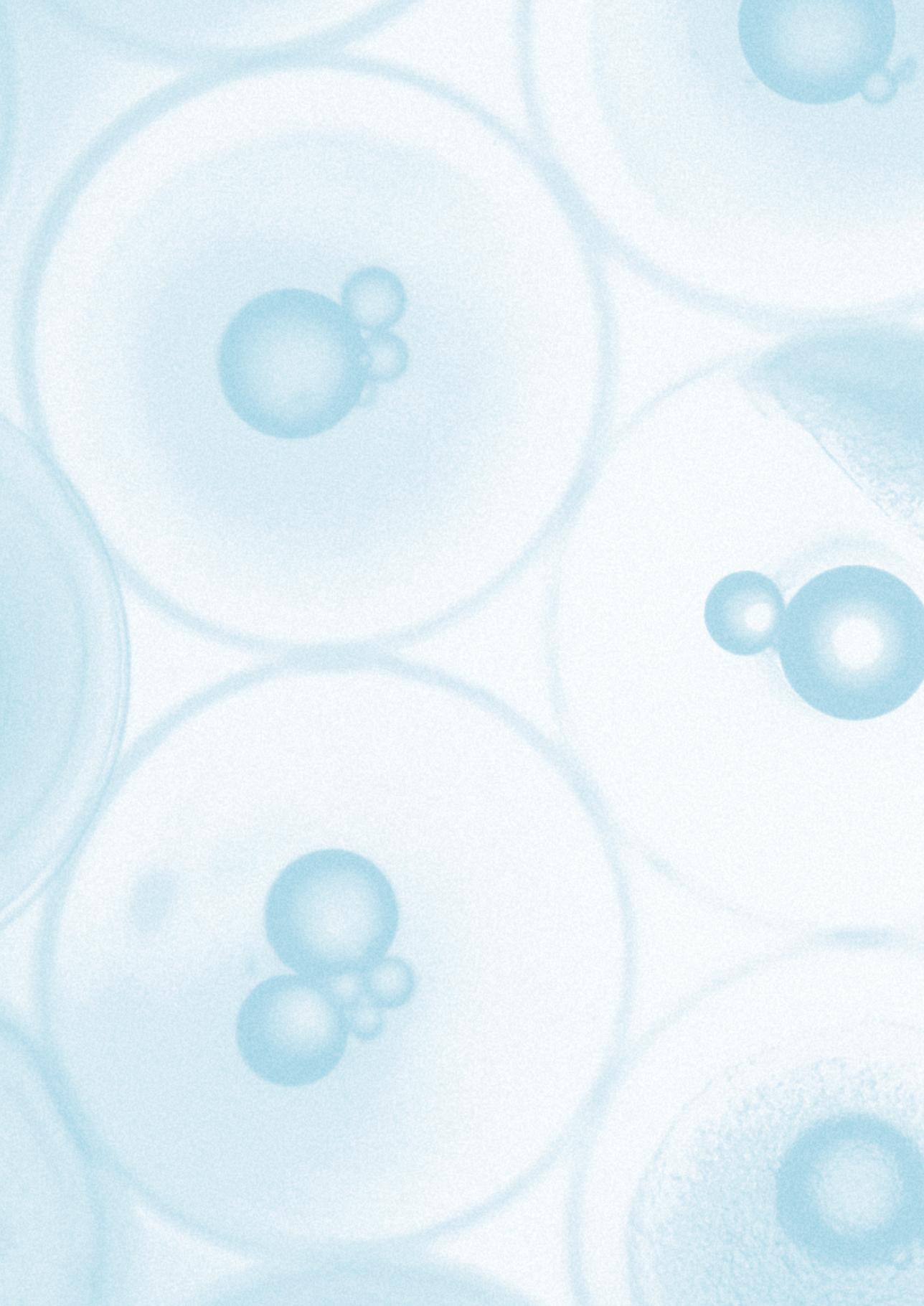


- TALBOT C., GARCÍA-GÓMEZ A., DE LA GÁNDARA F. y MURACCIOLI P. 2000. Food intake, growth, and body composition in Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed isonitrogenous diets containing different lipid levels. *Cah. Options Méditerran.* 47: 259-66.
- TSEVIS N., KLAUDATOS S. y CONIDES A. 1992. Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101: 293-304.
- VASSALLO-AGIUS R., WATANABE T., MUSHIAKE K., KAWANO K. y SATOH S. 1998. Chemical components of eggs and yolksac larvae obtained from striped jack broodstock fed on a raw fish mix or dry pellets. *Fish. Sci.* 64: 759-765.
- VASSALLO-AGIUS R., MUSHIAKE K., IMAIZUMI I., YAMAZAKI T. y WATANABE T. 1999. Spawning and quality of eggs of striped jack fed raw fish or dry pellets with 2% Spirulina. *Suisan Zoshoku* 47: 415-422.
- VASSALLO-AGIUS R., WATANABE T., IMAIZUMI H., YAMAZAKI T., SATOH S. y KIRON V. 2001. Effects of dry pellets containing astaxanthin and squid meal on the spawning performance of striped jack *Pseudocaranx dentex*. *Fish. Sci.* 67: 667-674.
- VERAKUNPIRIYA V., WATANABE T., MUSHIAKE K., KIRON V., SATOH S. y TAKEUCHI T. 1996. Effect of broodstock diets on the chemical components of milt and eggs produced by yellowtail. *Fish. Sci.* 62: 610-619.
- VERAKUNPIRIYA V., WATANABE K., MUSHIAKE K., KAWANO K., KOBAYASHI T., HASEGAWA I., KIRON V., SATOH S. y WATANABE T. 1997. Effect of krill meal supplementation in soft-dry pellets on spawning and quality of egg of yellowtail. *Fish. Sci.* 63, 433-439.
- WATANABE T., DAVY F.B. y NOSE, T. 1989. Aquaculture in Japan. En *The current status of nutrition in aquaculture: Proceedings of the 3rd International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish*. Takeda M. y Watanabe T. (Eds.). Tokyo, Japan.
- WATANABE T., FUJIMURA T., LEE M.J., FUKUSHO K., SATOH S. y TAKEUCHI T. 1991. Effect of polar and non-polar lipids from krill on quality of eggs of red sea bream *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 695-698.
- WATANABE T. 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fish. Sci.* 68: 242-252.
- WATANABE T. y VASSALLO-AGIUS R. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture* 227: 35-61.
- WEBSTER C.D., THOMPSON K.R. y MUZINIC L. 2002. Feeding fish and how feeding frequency affects sunshine bass. *World Aquac.* 33: 20-24.
- WHITTINGTON I.D., CORNEILLIE S., TALBOT C., MORGAN J.A.T. y ADLARD R.D. 2001. Infections of *Seriola quinqueradiata* (Temminck & Schlegel) and *S. dumerilii* (Risso) in Japan by *Benedenia seriioiae* (Monogenea) confirmed by morphology and 28S ribosomal DNA analysis. *J. Fish Dis.* 24: 421-425.
- YOKOYAMA H., YANAGIDA T., y TAKEMARU I. 2006. The first record of *Kudoa megacapsula* (Myozoa: Multivalvulida) from farmed yellowtail *Seriola quinqueradiata* originating from wild seedlings in South Korea. *Fish Pathol.* 41: 159-163.

2

CULTIVO DE GÁDIDOS: LA MERLUZA EUROPEA Y EL ABADEJO





CULTIVO DE GÁDIDOS: LA MERLUZA EUROPEA Y EL ABADEJO

Rosa M.^a Cal Rodríguez¹,
José Luis Rodríguez Villanueva²
y Bernardo Fernández Souto²

¹ Centro Oceanográfico de Vigo.
Instituto Español de Oceanografía

² IGafa. Instituto Galego de
Formación en Acuicultura

Resumen

El orden Gadiformes incluye una serie de familias de peces, predominantemente marinos, que habitan en aguas frías y se distribuyen por todos los océanos del mundo. Muchas de las especies son de gran importancia comercial para el consumo humano, la alimentación animal, y el procesado industrial.

Entre las especies de interés comercial para consumo humano están la merluza europea *Merluccius merluccius* y el abadejo *Pollachius pollachius*. Estas especies son consideradas de interés para ser cultivadas por sus características de producción (conocimiento de su biología, posibilidad de obtener juveniles, potencial de producción), distribución geográfica (adaptación a la temperatura de la localidad), potencial de transformación (buena adaptación de la especie al procesado industrial), además de por el gran hábito de su consumo, calidad de la carne y precio alto.

Las primeras experiencias sobre el cultivo de estas dos especies comenzaron en la década de los noventa, pero mientras que el abadejo ya se comercializó en el año 2005, los logros conseguidos en el cultivo de la merluza europea son todavía insuficientes para su comercialización.



En este capítulo se muestra el estado actual del cultivo de ambas especies.

Palabras clave: Gadiformes; Gádidos; Merluza europea *Merluccius merluccius*; Abadejo *Pollachius pollachius*

Abstract

Gadiformes order includes several fish families, most of them marine species, which inhabit cold waters and they are distributed in all oceans of the world. Most of the species have a great commercial importance for the human consumption, animal feeding or industrial processing.

*Between those species which have commercial interest, two of them are considered of great interest to be cultured: European hake (*Merluccius merluccius*) and pollack (*Pollachius pollachius*). This is due to their production characteristics (their biology knowledge, the possibility of getting juveniles and the production potential), geographical distribution (temperature adaptation to this localization), transformation potential (good adaptation of the species to the industrial process) and also by their high consumption habit, meat quality and high price.*

First experiences in those two species culture began started at 90's decade, and, while pollack has already been marketed since 2005, achievements in hake culture are still insufficient for its marketing.

The current status of the culture of both species is shown in this chapter.

2.1. ORDEN GADIFORMES

En el orden Gadiformes está incluida una serie de familias de peces, predominantemente marinos, que habitan en aguas frías del Atlántico norte y también en el Mediterráneo. Poseen en general aletas de radios blandos, raramente con espinas, y en ocasiones presentan barbillas en el mentón. Tienen la cabeza grande y la boca con pequeños dientes y escamas cicloideas. Las hembras ponen huevos en un número entre 500 000 y 5 000 000. Al principio de su vida se alimentan de plancton y después son piscívoros.

El orden Gadiformes comprende 10 familias, 59 géneros y más de 180 especies que suponen más del 25% de la captura mundial de



peces marinos. Entre las familias más importantes está la familia Gadidae, formada por más de cincuenta especies, en las que están incluidas importantes especies comerciales como el bacalao, y el abadejo, y la familia Merluccidae que incluye trece especies diferentes del género *Merluccius*.

La mayoría de las especies incluidas en el orden Gadiformes son bentopelágicas y son capturadas con artes de pesca de arrastre, volantes, y trasmallos. Muchas de ellas son de gran importancia pesquera y comercial para consumo humano, alimentación animal, o para la industria. Algunas especies han sido objeto de las pesquerías durante los últimos cien años, mientras que otras han sido solo accesibles a la pesca comercial en las últimas décadas, tras la introducción de las nuevas técnicas de pesca (Cohen *et al.*, 1990).

El descenso general de las capturas pesqueras, y el avance en el desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo de peces han favorecido la investigación sobre el cultivo de nuevas especies con el fin de diversificar la oferta de pescado de cultivo.

Algunas especies como el bacalao del Atlántico, el bacalao del Pacífico (EEUU), el eglefino (Reino Unido) y el abadejo (España) ya se han comercializado, mientras que en otras como la merluza, la tecnología para su cultivo todavía está siendo desarrollada.

2.2. LA MERLUZA EUROPEA: *Merluccius merluccius*

La merluza europea *Merluccius merluccius* (Linnaeus) es una especie incluida en el orden Gadiformes, familia Merluccidae, que habita en el océano Atlántico desde el norte de África hasta Islandia (Hureau y Monod, 1973; Casey y Pereiro, 1995), y en el mar Mediterráneo (Alheit y Pitcher, 1995) (Fig. 1).

El cuerpo es alargado y está cubierto de pequeñas escamas. La cabeza es grande, al igual que la boca, que va provista de dientes muy afilados. La primera aleta dorsal es más corta que la segunda, su única aleta anal es alargada y con entalladura y posee una línea negra a lo largo de su cuerpo. El lomo es negro, gris o castaño, y el vientre es blanco o plateado. Puede llegar a alcanzar hasta 1,5 m de longitud y



FIGURA 1.
Merluza europea
Merluccius merluccius L.

un peso de 15 kg, aunque es muy raro que sobrepase los 100 cm (Cohen *et al.*, 1990).

Vive en las proximidades de los fondos marinos sobre la plataforma continental y en el cantil, a profundidades variables entre 30 y 1000 metros (Stefanescu *et al.*, 1992). En el Océano Atlántico los juveniles tienden a estar en las aguas más someras cerca de la costa, y los adultos se alejan hasta los cantiles a mayores profundidades. En el mar Mediterráneo la mayoría de los individuos se concentran entre 200-300 m de profundidad, y en el Golfo de Lyon entre 200-400 m (Recasens *et al.*, 1998; Maynou *et al.*, 2003).

Durante el día permanecen cerca del fondo y durante la noche ascienden para la captura de alimento a base de plancton, cefalópodos, crustáceos y peces pequeños, especialmente sardina (*Sardina pilchardus* (Walbaun, 1792)) y lirio (*Micromesistius poutassou* Risso, 1827). Se ha registrado incluso el consumo de ejemplares de menor tamaño de la misma especie en cantidad apreciable, por lo que se imputan a esta especie hábitos de canibalismo.

Machos y hembras alcanzan la madurez a diferente tamaño y edad; los machos entre 2-4 años con $32,8 \pm 4,2$ cm de talla, y las hembras entre 4-9 años con $45,4 \pm 6,2$ cm (Piñeiro y Sainza, 2003; Alheit y Pitcher, 1995). Como es común en la mayoría de los gádidos, la mer-



luza europea tiene alta fecundidad y desova en puestas parciales sucesivas, con intervalos entre 5-12 días (Murua *et al.*, 1998; Murua y Motos, 2006). En el Atlántico el periodo de puestas es prolongado, desde Febrero hasta Mayo, a profundidades entre 75 y 100 m, y a temperaturas entre 10 y 13 °C (Arbault y Boutin, 1968; Coombs y Mitchell, 1982; Lucio *et al.*, 2000; Álvarez *et al.*, 2004). Las puestas se producen más tardíamente cuanto más septentrional sea su hábitat (Casey y Pereiro, 1995; Kvenseth *et al.*, 1996). En el mar Mediterráneo, las puestas se producen continuamente durante todo el año, aunque con un pico de actividad máxima en el otoño (Morales-Nin y Aldelberg, 1997; Recasens *et al.*, 1998).

La merluza es una especie de gran importancia comercial, particularmente en España y Francia. Las capturas europeas registradas en 2009 estuvieron entre 40 y 50 kt (ICES, 2010), de las que más de la mitad corresponden a España, estando actualmente su extracción regulada por la Comisión Europea.

Una gran parte de las capturas corresponden a ejemplares jóvenes entre 1,5 y 2 kg de peso que se denomina pescadilla. A los tamaños más reducidos se les puede llamar pijota, carioca, pescadilla de ración o de enroscar. Se llama merluza cuando supera los 1,5 kg.

En el mercado se suele presentar fresca o congelada, y admite gran variedad de procesados industriales. Es un pescado blanco con un contenido graso y calórico bajo (90 calorías y menos de 3 g de grasa por 100 g de vianda). Es rica en proteínas completas o de alto valor biológico y posee diferentes vitaminas y minerales, destacando su contenido en vitaminas del grupo B y minerales como el fosfato, potasio, fósforo y magnesio.

Las capturas de merluza han decaído desde 1960 (FAO, 2006), por lo que el interés en el cultivo de esta especie se ha incrementado, considerándola actualmente como una de las especies más prometedoras para la diversificación de la acuicultura marina en numerosos países de Europa como Noruega, Francia y España (Quémener *et al.*, 2002; Engelsen *et al.*, 2004).

2.2.1. Cultivo de la merluza europea

A pesar de que las primeras experiencias para el cultivo de esta especie comenzaron hace más de una década, son muchas las dificul-



tades que se han encontrado, por lo que el desarrollo de una técnica de cultivo adecuada para la merluza europea progresa con lentitud.

Los primeros estudios documentados del desarrollo de huevos y larvas de merluza europea en cautividad, se realizaron con el objetivo de facilitar la identificación de los mismos en las muestras de zooplancton, en estudios de distribución y áreas de puestas de peces de interés comercial. Raffaele (1888) y Arbault y Boutin (1968), realizaron una limitada descripción del desarrollo embrionario y de los primeros estadios de desarrollo larvario, con embriones obtenidos a partir de fertilizaciones artificiales, utilizando gametos extraídos de merluzas capturadas en el Mediterráneo y en el Golfo de Vizcaya, respectivamente.

Coombs y Mitchell (1982) y Marrale *et al.* (1996) obtuvieron embriones utilizando gametos extraídos de ejemplares capturados en las Islas Británicas y en el Golfo de Vizcaya, respectivamente, y describieron la secuencia completa del desarrollo de los embriones y de larvas hasta el consumo total del saco vitelino, haciendo especial hincapié en aquellas características prácticas que facilitan la identificación de especies en muestras de zooplancton.

Los primeros intentos de cultivo de la merluza europea, fueron realizados por R.M. Bjelland y A.B. Skiftesvik en la Austevoll Aquaculture Station (Noruega) entre 1996 y 1999. Durante estos años no se consiguió estabular un stock de reproductores, debido a la gran dificultad encontrada para conseguir la supervivencia en cautividad de ejemplares adultos tras su captura. En consecuencia, con el fin de iniciar el cultivo de esta especie, se optó por realizar fertilizaciones artificiales utilizando gametos extraídos de ejemplares recién capturados. Los huevos fertilizados se cultivaron y el desarrollo larvario se describió detalladamente hasta los 25 días de vida. A partir de esta edad, el número de ejemplares que sobrevivieron fue muy bajo y solamente se determinó el crecimiento en talla hasta los 250 días de vida de un pequeño grupo de alevines (Bjelland, 2001; Skiftesvik y Bjelland, 2004; Bjelland y Skiftesvik, 2006).

En 2005, R. Salte (Department of Animal and Aquacultural Sciences, Norwegian University of Life Sciences) fundó la empresa MerluNor y junto con investigadores del Ifremer (Francia) consiguieron aclimatar merluzas para la formación de un stock de reproductores. En 2007 y



2008 obtuvieron las primeras puestas espontáneas fertilizadas (Geffen *et al.*, 2008).

En España, las primeras experiencias sobre el cultivo de la merluza comenzaron en el año 2006, en el Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía. Ejemplares jóvenes capturados en la Ría de Vigo durante 2007-2008, se aclimataron a la cautividad con el fin de formar un stock de futuros reproductores (Iglesias *et al.*, 2010). Las primeras puestas espontáneas fertilizadas y viables se obtuvieron a partir del año 2009. (Sánchez *et al.*, 2012).

2.2.1.1. Obtención y mantenimiento de reproductores

Los peces destinados a ser futuros reproductores, se obtienen del medio natural. La merluza es una especie especialmente sensible a la manipulación, y es difícil conseguir su supervivencia después de la captura (Hickling, 1933; Belloc, 1935).

Iglesias *et al.* (2010) utilizaron para las pescas un arte de arrastre provisto de un copo-piscina (De Pontual *et al.*, 2003), especialmente diseñado para retener el agua en el copo durante el arrastre. Esta operación tiene que ser realizada a muy baja velocidad y durante periodos de tiempo muy cortos, para minimizar el roce de las merluzas capturadas entre sí y contra otros peces con escamas más duras (Fig. 2).

Es especialmente importante realizar estas pescas a poca profundidad para minimizar el efecto de la despresurización. La maniobra de izado del arte ha de realizarse muy lentamente, aunque esto no evita que la vejiga natatoria se llene de gas provocando una dilatación abdominal, lo que motiva que los peces no puedan sumergirse y naden de forma ladeada en superficie. La solución es extraer el gas acumulado pinchando tangencialmente la zona abdominal, entre el ano y la aleta dorsal, tratando de evitar las zonas finales del tracto digestivo, y presionando al mismo tiempo suavemente la zona. Esta operación tiene que realizarse en cada uno de los peces lo más pronto posible tras la pesca, independientemente de que la dilatación sea o no aparente, ya que aún en pequeña cantidad, el aire acumulado presiona los órganos adyacentes y los capilares, y acaba produciendo la muerte en un periodo de tiempo más o menos corto. El efecto de la operación es inmediato, los peces recuperan su verticalidad y se



FIGURA 2.
Arte de pesca experimental
provisto de copo-piscina.

sumergen permaneciendo en el fondo. La supervivencia final tras la pesca, la operación de eliminar el gas acumulado y el traslado a las instalaciones donde se van a cultivar es aproximadamente del 30% (Iglesias *et al.*, 2010) (Fig. 3).

Las merluzas se mantienen en penumbra, respetando el ciclo natural de día y noche, y a temperaturas entre 12 y 14 °C. Merluzas capturadas de $30,15 \pm 4,58$ cm de longitud y $194,57 \pm 80,88$ g de peso, se aclimatan bien a cautividad y aceptan pronto el alimento vivo (peces pequeños), más tarde pescado muerto troceado y, finalmente, pienso semihúmedo fabricado a base de harina de pescado y pescado blanco y azul (Iglesias *et al.*, 2010).

2.2.1.2. Obtención de puestas

Hasta la fecha, todas las puestas de merluza europea obtenidas han sido puestas espontáneas (no inducidas hormonalmente), producidas en stocks de ejemplares mantenidos en cautividad durante 1-2 años. Geffen *et al.* (2008) obtuvieron varias puestas parciales consecutivas, con un intervalo de 7 ò 10 días, entre Mayo y Octubre. Sánchez *et al.*,



FIGURA 3. Extracción del gas acumulado en la zona abdominal durante la captura en la merluza europea (*Merluccius merluccius* L.).

(com. pers.) obtienen puestas durante todo el año, aunque con mayor incidencia desde Noviembre hasta Enero.

Los huevos fertilizados de merluza europea son pelágicos, esféricos y transparentes. Miden entre 1,06-1,11 mm de diámetro, con una única gota de grasa de entre 0,25-0,40 mm de diámetro, y un vitelo homogéneo que ocupa la mayor parte del volumen interior dejando un espacio perivitelino pequeño (Coombs y Miechell, 1982; Marrale *et al.*, 1996; Bjelland, 2001; Skiftesvik y Bjelland, 2004; Bjelland y Skiftesvik, 2006) (Tabla I).

TABLA I.

Diámetro del huevo y la gota de grasa de huevos fertilizados de la merluza europea (*Merluccius merluccius* L.).

Autor	Origen del huevo fertilizado	Diámetro del huevo (mm)	Diámetro de la gota de grasa (mm)
Coombs y Mitchell (1982)	Fertilización artificial	1.11 ± 0.02	0.36 ± 0.04
Marrale <i>et al.</i> (1996)	Fertilización artificial	1.06 ± 1.10	0.25 – 0.4
Bjelland y Skiftesvik (2006)	Fertilización artificial	1.07 ± 0.01	0.29 ± 0.00
Sánchez <i>et al.</i> (2012)	Puesta espontánea	1.07 ± 0.02	0.24 ±

Estos tamaños son similares a los observados en los huevos de merluza austral *Merluccius australis* (Hutton, 1872) (diámetro de huevo entre 0,9-1,12 mm, con una única gota de grasa de 0,19-0,27 mm de diámetro), obtenidos tras inducir hormonalmente ejemplares de esta especie en cautividad (Bustos y Landaeta, 2005).

Una característica peculiar de los huevos de merluza europea es su naturaleza hidrófuga, que hace que los huevos floten y se mantengan adheridos a la superficie del agua (Porebski, 1976; Coombs y Mitchell, 1982; Bjelland 2001; Skiftesvik y Bjelland, 2004; Bjelland y Skiftesvik 2006; Geffen *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2012). (Fig. 4). Esta característica ha sido descrita también en la merluza austral (Bustos *et al.*, 2007) y en otras especies de peces marinos (Zaitsev, 1971).

Coombs y Mitchell (1982) describieron esta particularidad en huevos obtenidos en pescas de plancton, particularidad que conservan incluso después de haber sido fijados en formalina. Este efecto es seguramente consecuencia de una adaptación a la profundidad, entre 70-150 m, en que se producen las puestas en el medio natural. Los huevos fertilizados que flotan en interfase agua-aire, exponen parte de su superficie al aire provocando su deshidratación (Fig. 5A). Para contrarrestar este efecto, se han ensayado diferentes estrategias como la aplicación de un flujo de agua horizontal (Bustos *et al.*, 2007; Geffen *et al.*, 2008) (Fig. 5B), y la vaporización manual sobre la superficie del tanque con agua de mar (Bjelland y Skiftesvik, 2006).

2.2.1.3. Obtención, caracterización y conservación de esperma

Como en la mayoría de las especies de peces, el esperma de la merluza europea se obtiene practicando al macho un ligero masaje abdominal. Esto permite poder realizar fertilizaciones artificiales y obtener embriones en aquellos casos en los que hay que recurrir a

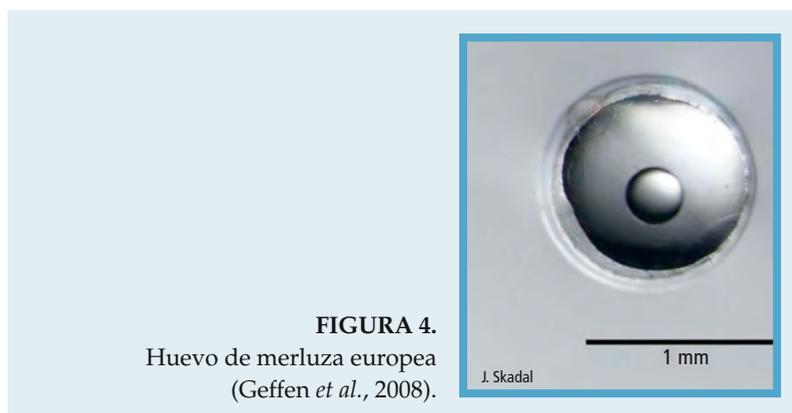


FIGURA 4.
Huevo de merluza europea
(Geffen *et al.*, 2008).

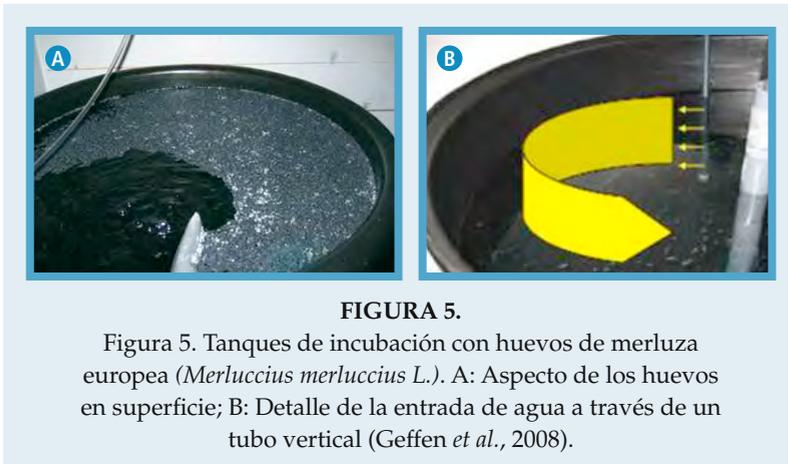


FIGURA 5.

Figura 5. Tanques de incubación con huevos de merluza europea (*Merluccius merluccius L.*). A: Aspecto de los huevos en superficie; B: Detalle de la entrada de agua a través de un tubo vertical (Geffen *et al.*, 2008).

huevos extraídos de hembras recién capturadas en el medio natural para iniciar un cultivo.

Groison (2010) y Groison *et al.* (2008, 2010) determinaron los índices de producción, las características bioquímicas y los parámetros de la movilidad de espermatozoides extraído por masaje abdominal de machos de merluza europea recién capturados del medio natural.

El volumen medio de espermatozoides obtenido es $3,0 \pm 5$ ml, y la concentración media de espermatozoides es $8,6 \pm 3,0 \times 10^9$ esp/ml (Groison *et al.*, 2008). La osmolalidad del fluido seminal es 349 Omol/kg y el pH = 7,6 (Groison *et al.*, 2010).

Tras la activación con agua de mar, la movilidad de los espermatozoides en la merluza europea es inmediata, pero el porcentaje de espermatozoides móviles decrece rápidamente, hasta el 50% a los 70 segundos post activación, y la movilidad cesa completamente a los 465 segundos post activación.

El espermatozoides no diluido almacenado durante 10 días a 4 °C, tras ser activado con agua de mar muestra un 10% de espermatozoides móviles. Experimentos preliminares de criopreservación de espermatozoides de merluza, utilizando la técnica desarrollada por Dreanno *et al.* (2000) para el rodaballo, demostraron que el dimetil sulfóxido (DMSO) al 10% se puede utilizar como solución crioprotectora del espermatozoides de merluza europea, aunque como en la mayoría de las especies, también

en la merluza europea la crioconservación reduce la proporción de espermatozoides móviles (Groisson, 2010; Groisson *et al.*, 2010).

2.2.1.4. Desarrollo embrionario

Sánchez *et al.* (2012) describieron el desarrollo embrionario a 14 °C de huevos fertilizados, obtenidos de puestas espontáneas realizadas por merluzas capturadas y mantenidas en cautividad. Los huevos presentaban dos divisiones mitóticas y se estimó que la fertilización había tenido lugar dos horas antes de acuerdo con Marralle *et al.*, 1996 (Fig. 6).

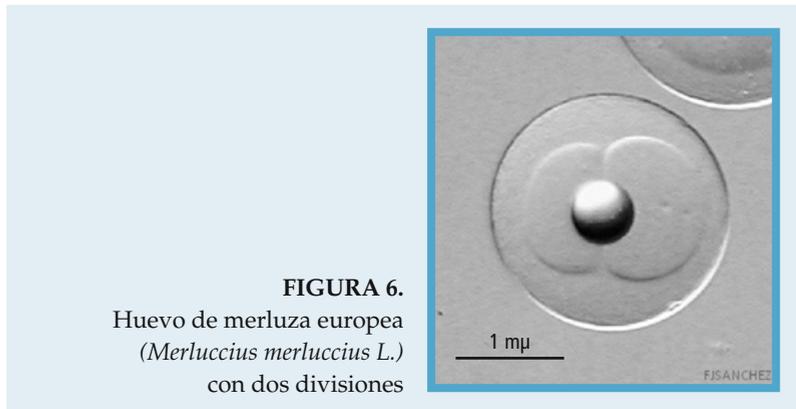


FIGURA 6.
Huevo de merluza europea
(*Merluccius merluccius L.*)
con dos divisiones

Después de sucesivas divisiones aproximadamente a las 5 horas después de la fertilización (hpf), los huevos alcanzan el estado de mórula mostrando un vitelo finamente segmentado. Después de 24 horas, a 14 °C, se observa la blástula ya formada y 2 horas más tarde, el vitelo es cubierto por los blastómeros, alcanzando finalmente el estado de gástrula.

A las 48 (hpf), se comienza a distinguir el embrión. En la cabeza se observan los ojos sin pupilas y algunos melanóforos sobre el vitelo y sobre la gota de grasa. Aparecen dos líneas de pequeños puntos negros dispuestos sobre la superficie dorsal del tronco anterior, hasta la mitad del cuerpo. Es evidente ya el corazón latiendo y la formación de la notocorda.

A las 72 (hpf) el embrión ocupa ya el 75% del perímetro interior del huevo y ya se distinguen grupos de pigmentos negros sobre el final de



la cola y hacia la mitad del cuerpo. Se hacen evidentes los otolitos y se inicia la formación de la retina. En la cabeza aparecen melanóforos alrededor de la superficie ocular que se extienden hacia la boca. (Fig. 7). La cola se empieza a separar de la superficie del vitelo y a las 80 horas se aprecian los primeros movimientos del embrión, iniciándose la eclosión. Casi todos los huevos eclosionan simultáneamente; a las 90 horas lo han hecho el 50% y 5-6 horas más tarde lo hacen los demás.

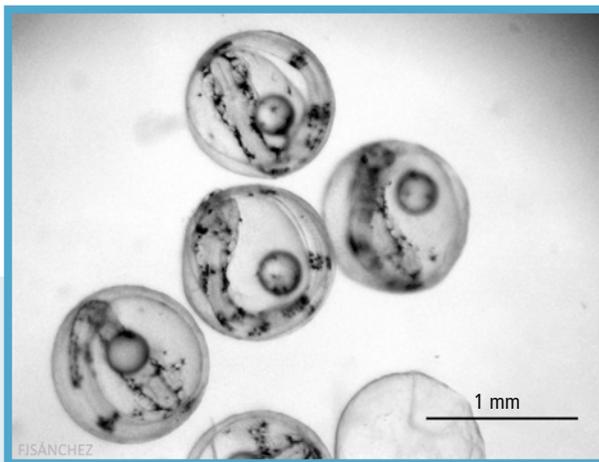


FIGURA 7. Embriones de merluza europea (Tomado de Geffen *et al.*, 2008).

El tiempo que transcurre entre la fertilización y la eclosión depende de la temperatura de incubación (Coombs y Mitchell, 1982; Bjelland y Skiftesvik, 2006); la mayoría de las larvas eclosionan entre 50-70 grados-días (d °C) después de la fertilización (Tabla II).

2.2.1.5. Desarrollo larvario

Bjelland y Skiftesvik (2006) cultivaron a 12,5 °C larvas de merluza obtenidas a partir de fertilizaciones realizadas con gametos extraídos de merluzas recién capturadas del medio natural. Desde la eclosión hasta el fin del periodo larvario describieron la secuencia completa de los cambios en la forma, en la pigmentación corporal, en las aletas, y en el consumo del saco vitelino y de la gota de grasa. Sánchez *et al.*, (2012) cultivan por primera vez, a 14 °C durante 19 días, huevos pro-

TABLA II.

Tiempos de desarrollo y tasas de eclosión de embriones de merluza europea (*Merluccius merluccius L*) incubados a diferentes temperaturas.

Autor /año	Tª incubación (°C)	Tiempo de eclosión (d °C)	Tasa de eclosión (%)
Bjelland y Skiftesvik (2006)	9.2	64.4	30
	12.5	50.0	
	12.7	63.5	61
	14.5	58.0	46
Coombs y Mitchell (1982)	13.0	65.0	
	8.1	72.9	
	18.4	53.4	
Marrale <i>et al.</i> (1996)	13-17	2.9 (dpf)*	
Sánchez <i>et al.</i> (2012)	14.0	52.5	

* dpf = días post fertilización; d °C = grados día.

ducidos en puestas espontáneas de reproductores mantenidos en cautividad durante dos años.

Las larvas recién eclosionadas (Fig. 8A) miden 3,0-3,2 mm de longitud, están muy poco desarrolladas y excepto en la región cefálica, están rodeadas de una fina membrana. El saco vitelino mide 1,05-1,2 mm de longitud y la gota de grasa mide entre 0,24-0,28 mm de diámetro, y aparece localizada en la parte posterior del saco vitelino. Los ojos no están pigmentados, la boca está cerrada, el intestino no se distingue y las aletas no son funcionales. Los melanóforos ya están presentes en el saco vitelino y en la gota de grasa. Se puede distinguir el patrón particular de la pigmentación en el cuerpo: un primer grupo en la región cefálica, otro en el tronco, y otro en la región anal. Otros dos grupos están en la región caudal, uno cerca de la parte final del saco vitelino, y el otro al final de la cola (Bjelland y Skiftesvik, 2006). Las larvas permanecen inactivas adoptando una posición vertical en la columna de agua hasta que a los 2 ó 3 días comienzan a desplazarse.

Durante los 3 ó 4 días siguientes (~50 d °C) la pigmentación se va acentuando en la zona de la cabeza, en la región preanal y sobre el

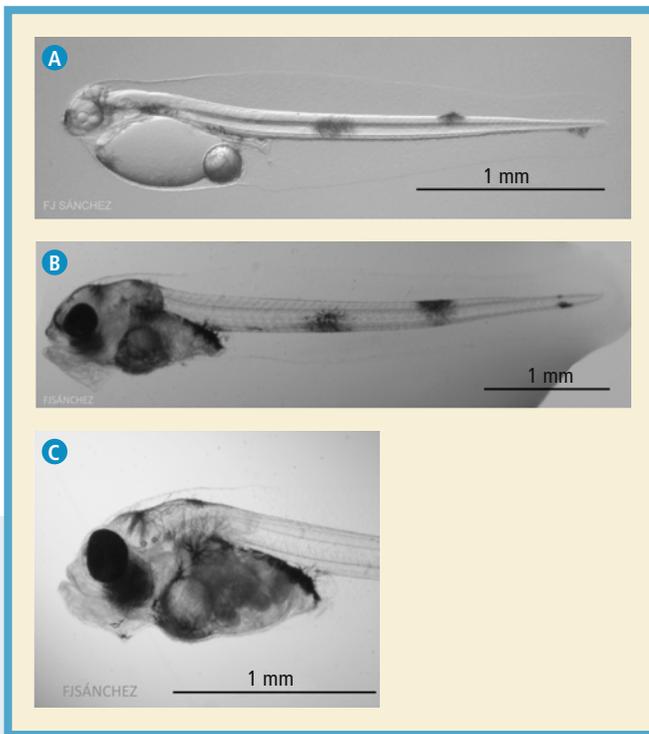


FIGURA 8.
Desarrollo larvario de
la merluza europea
(*Merluccius merluccius L.*)
(Sánchez *et al.*, 2012).

tronco y se forman tres áreas de pigmentación en la zona caudal. Ya se observa el corazón, el intestino y, las aletas pectorales que ya están pigmentadas con pigmentos amarillos brillantes en su base. La mandíbula no está bien desarrollada, pero algunas larvas empiezan a abrir la boca. El tamaño del saco vitelino se ha reducido considerablemente y también aunque en menor proporción el de la gota de grasa. También se observan ya dos otolitos bien desarrollados.

A 100 d °C (Fig. 8B) las larvas miden entre 4,0-4.2 mm, los ojos ya están totalmente pigmentados y las aletas pectorales están completamente desarrolladas, funcionales y pigmentadas. La parte central del intestino comienza a curvarse y la parte central se dilata. Ambas mandíbulas ya están desarrolladas y pueden comenzar a ingerir alimento (rotífero enriquecido con *Tetraselmis* ó *Isochrysis galbana*, nauplius de zooplancton o directamente nauplius de



artemia (Sánchez, J. *com. pers.*), aunque todavía tienen parte del saco vitelino y de la gota de grasa. El saco vitelino desaparece completamente y un poco más tarde también lo hace la gota de grasa, y ya se van observando presas en el intestino de las larvas. La vejiga natatoria, que ya se observa en aproximadamente el 50% de las larvas, controla la flotación y hace más energética la natación para la captura de la presa (Fig. 8C).

Las larvas comienzan a crecer y a ganar peso, y se alimentan con artemia de 24 horas enriquecidas con diferentes preparados comerciales. A los ~130 d °C, la longitud de las larvas es de ~ 4,1 mm lo que implica un incremento de 1,1-1,2 mm en once días de vida; esto supone una tasa media de crecimiento diario de 0,118 mm/día. Esta tasa de crecimiento, es similar a las descritas para otras especies del género merluza: *M. productus* (0,16 mm/día) (Bailey, 1982); *M. bilinearis* (0,17-0,18 mm/día) (Butler y Nishimoto, 1997); *M. hubbsi* (0,16 mm/día) (Brown *et al.*, 2004); *M. merluccius* (0,15-0,19 mm/día) (Palomera *et al.*, 2005). Sánchez *et al.* (2012) estimaron desde la eclosión hasta el consumo total del saco vitelino, una tasa de crecimiento de 0.158 mm/día a 14 °C.

El crecimiento en longitud de las larvas hasta el consumo del saco vitelino no es regular, observándose un crecimiento más rápido inmediatamente después de la eclosión, mientras las larvas se alimentan de sus reservas, y un crecimiento más lento cuando inician la alimentación exógena (Marralle *et al.*, 1996; Bustos y Landaeta, 2005). Además, el crecimiento larvario en longitud presenta diferente intensidad en las distintas partes del cuerpo, caracterizándose por un desarrollo más rápido de la región anterior, mientras suceden importantes cambios a nivel de la cabeza y del tronco, que del resto de la larva que no parece crecer hasta más tarde. Este modelo de crecimiento fue también observado en larvas de merluza europea capturadas en el mar Mediterráneo (Palomera *et al.*, 2005) y en larvas de otras especies de esta familia como en *M. productus* (Ahlstrom y Counts, 1955; Bailey 1982) y en *M. bilinearis* (Buckley *et al.*, 1993). El peso aumenta desde la eclosión hasta los 6 dpe, y entonces prácticamente se detiene hasta el 11 dpe, a partir del cual empieza a aumentar de nuevo (Bjelland y Skiftesvik, 2006).



A los ~ 300 d °C algunas de las larvas miden ya ~ 5 mm de longitud, y empiezan a mostrar las aletas pélvica. La aparición de las aletas pélvicas a esta longitud, coincide con lo observado en las larvas de esta especie capturadas en el medio natural (Palomera *et al.*, 2005). Todas tienen vejiga natatoria, y ya se observan los dientes. A los ~ 400 d °C las larvas miden ~ 10 mm y ambas aletas, pectorales y pélvicas, están pigmentadas (Fig. 9). El hecho de que las aletas pélvicas hayan crecido, junto con que las larvas permanezcan pasivamente sobre el fondo del tanque, sugiere que, precisamente a esta edad y tamaño, comienza la fase demersal. También en las larvas capturadas del medio natural, estas aletas se empiezan a observar en larvas de entre 10-12 mm de longitud (Arbault y Boutin, 1968; Palomera *et al.*, 2005). Las aletas impares (caudal, anal y dorsal) se han desarrollado, marcando la transición hacia el periodo juvenil. El abdomen está pigmentado fuertemente y se observan tres bandas claras a lo largo de la parte posterior del cuerpo (Bjelland y Skiftesvik, 2006).

2.2.1.6. Crecimiento

La información sobre crecimiento de la merluza europea en cautividad es muy escasa.

Bjelland y Skiftesvik (2006), estudiaron durante 200 días el crecimiento de un grupo de juveniles de 50 días de vida nacidos en cautividad por fertilización artificial.

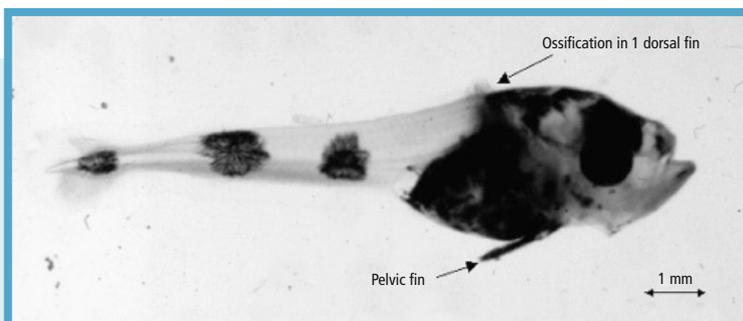


FIGURA 9.

Larva de merluza europea (*Merluccius merluccius* L.) de ~ (400 d °C). Bjelland, R. M. y Skiftesvik, A.B., 2006.

Los peces se cultivaron en tanques de fondo plano y se alimentaron con pienso adicionado con betaína como atrayente (Aglonorse Larvae Feed No. 2+betaine, SSF- The Norwegian Herring Oil and Meal Industry Research Institute, Bergen, Norway), comenzando con partículas de 0,6 mm y aumentando el tamaño gradualmente durante los dos meses siguientes hasta 2,5 mm. Se observó que los peces solamente ingieren partículas en suspensión pero nunca las situadas en la superficie del agua o en el fondo del tanque, y permanecen inactivos la mayoría del tiempo.

A los 59 días de vida, miden unos 23,5 mm y la transformación de larva en juvenil está completada (Fig. 10). A los 200 días las larvas alcanzan los 12,0 cm de longitud, lo que representa una tasa de crecimiento medio de 1,8 cm/mes (Fig. 11).

Iglesias *et al.* (2010) determinaron la tasa de crecimiento diario en 50 merluzas del medio natural en cautividad. Los peces, que en el momento de la captura median $30,15 \pm 4,58$ cm de longitud y pesaban $194,57 \pm 80,88$ g, mostraron una tasa de crecimiento en talla y peso de de 0,21 cm/día y 0,75 g/día, respectivamente, a los 100 primeros días de cultivo, y de 0,11 cm/día y 0,40 g/día, respectivamente, a los 200 días.

Estas tasas de crecimiento observadas en merluzas en cautividad, son más altas que las descritas en juveniles y adultos de merluza en el medio natural, determinadas utilizando la lectura de los otolitos y la frecuencia de distribución de tallas con valores de 0,9-1,15 cm/mes

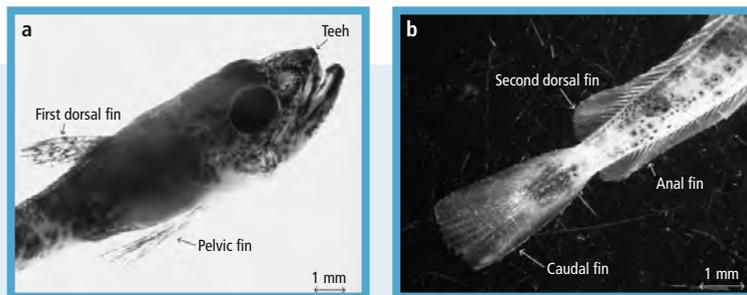


FIGURA 10.

Alevín de merluza europea de 59 días de vida.
(Bjelland y Skiftesvik, 2006).

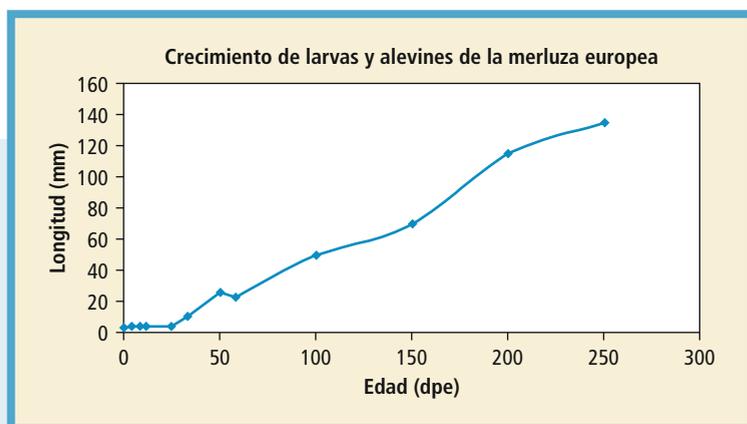


FIGURA 11.

Crecimiento de merluza europea en cultivo
(Bejelland y Skitesvik, 2006).

(Hickling, 1993; García-Rodríguez y Esteban, 2002; Morales-Nin y Aldebert, 1997), y también a las determinadas en experimentos de marcado y recaptura: 1,0-1,4 cm/mes (Belloc, 1935; De Pontual *et al.*, 2003), y $0,032 \pm 0,016$ cm/día) en el NW de la Península Ibérica (Piñeiro *et al.*, 2007).

2.2.2. Perspectivas de futuro

El haber establecido un método para la captura y aclimatación de ejemplares del medio natural, ha permitido disponer de un stock de merluzas que aceptan el alimento, crecen y producen puestas de huevos fertilizados viables de forma espontánea (Sánchez *et al.*, 2012).

Actualmente, la disponibilidad de huevos fertilizados viables permite trabajar en el desarrollo de una técnica de cultivo integral, con el objetivo de conseguir ejemplares nacidos en cautividad que sean menos sensibles a la manipulación. Esto permitirá determinar tasas de crecimiento, constantes ambientales de cultivo óptimas, modos de manipulación adecuados, así como evaluar la respuesta de los individuos frente al marcado, las vacunas y los tratamientos profilácticos.

En cuanto al crecimiento de juveniles y adultos, los pocos datos obtenidos sugieren que el crecimiento en cultivo es más alto que el

descrito en el medio natural, y se supone que fácilmente mejorable cuando se disponga de la tecnología de cultivo adecuada y se optimice la alimentación.

2.3. EL ABADEJO: *Pollachius pollachius* (LINNAEUS, 1758)

El abadejo, *Pollachius pollachius* (Linnaeus, 1758), es un pez perteneciente a la familia *Gadidae* (gádidos) al igual que el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), el carbonero o fogonero (*Pollachius virens*), el lirio o bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), la faneca (*Trisopterus luscus*), el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*), el colín o abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*), el bacalao de Alaska o del Pacífico (*Gadus macrocephalus*), etc.

Los trece géneros y veinticuatro especies que pertenecen a la familia *Gadidae* se caracterizan, entre otros aspectos, por presentar tres aletas dorsales y dos aletas anales (todas ellas de radios blandos) y por tener las aletas pélvicas más adelantadas que las aletas pectorales (Fig. 12).

El abadejo presenta un cuerpo alargado con la cabeza de forma triangular y una boca y ojos bastante grandes. Sus escamas son grandes y firmes. Posee un maxilar inferior prominente y difiere de otros



FIGURA 12.
Abadejo en un tanque
de cultivo del IGaFA
(Autor: C. Mariño).



gádidos (como el bacalao) en que no presenta barbillas en el mentón. Su línea lateral está claramente curvada por encima de las aletas pectorales y la aleta caudal está poco hendida. Como otros gádidos, tiene tres aletas dorsales muy próximas y dos aletas anales (la primera aleta anal es mucho más larga que la segunda). Las aletas pélvicas están bastante reducidas y se insertan en una posición más adelantada que las aletas pectorales. El color del cuerpo es variable, generalmente pardo u oliváceo en el dorso, pardo claro o verde amarillento en los flancos y plateado en el vientre (los ejemplares jóvenes suelen presentar coloraciones más vivas). Su peso medio suele rondar 0,5-1,5 kg y su longitud media unos 40-50 cm, aunque pueden alcanzar 130 cm de longitud y 18 kg de peso, y pueden vivir hasta 10 años.

El primer estudio específico sobre la distribución geográfica y biología pesquera de esta especie se realizó en 1964 (Moreau, 1964). Es una especie pelágica-bentopelágica que se distribuye por el Atlántico oriental, desde el norte de Noruega y costas de Islandia hasta las costas de Portugal. Los jóvenes viven en grupos en zonas arenosas o rocosas cercanas a la costa pero de adultos migran a aguas más profundas (hasta unos 200 m). Los adultos son más solitarios y solo nadan en cardúmenes durante la época de puesta. Son peces carnívoros que se alimentan fundamentalmente de pequeños peces y, ocasionalmente, de cefalópodos y crustáceos. Se pescan con artes de arrastre, volantas, trasmallo (juveniles) y también al curricán.

La época natural de puesta del abadejo suele ser de febrero a mayo (generalmente más tardía cuanto más septentrional sea su hábitat) y tiene lugar en zonas próximas a la costa, en fondos inferiores a los 150 m de profundidad y a temperaturas de unos 10 °C.

Es un pescado blanco considerado como magro por su bajo contenido en grasas. Es una especie bastante cotizada en Galicia y, en general, en España, pero está poco cotizada en otros países europeos. La talla biológica mínima autorizada (no aplicable a productos acuícolas) para la captura del abadejo mediante artes de pesca en el Cantábrico y noroeste de la Península Ibérica es de 30 cm. El peso mínimo comercial en la Unión Europea es de 300 g, aunque el peso comercial más habitual de los individuos salvajes varía generalmente entre 0,5 y 3 kg. Los ejemplares más grandes alcanzan un valor por



kilo superior a ejemplares más pequeños por lo que los ejemplares cultivados se solían comercializarse con un peso aproximado de 2 kg.

Se comercializa básicamente en fresco y entero. Proporciona un buen rendimiento de fileteado, lo que lo hace apto para su transformación. Tiene una carne sabrosa pero que se degrada fácilmente con el tiempo, por lo que se recomienda que su consumo no se demore demasiado después de su captura.

2.3.1. Cultivo del abadejo

La importancia económica de la familia de los gádidos es enorme ya que, tras la familia de los clupeidos (sardinas, arenques, etc.), se considera que son el grupo de peces con mayor volumen de capturas a nivel mundial. El descenso generalizado de capturas ha favorecido el estudio de las posibilidades de cultivo de numerosas especies de peces (Peleteiro, 1998; Suquet *et al.*, 2000; Queménér *et al.*, 2002; Souto y Rodríguez, 2002a), y entre las especies candidatas para diversificar la piscicultura se encuentran algunos gádidos. Así, actualmente, hay proyectos más o menos consolidados de cultivo del bacalao del Atlántico (principalmente en Noruega), del bacalao del Pacífico (EE. UU.) y del eglefino (Reino Unido).

El primer experimento sobre el cultivo del abadejo fue realizado en el IFREMER (Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar) (Suquet *et al.*, 1996). En esta primera investigación se demostró la posibilidad de obtener puestas espontáneas a partir de ejemplares capturados en el medio natural, se definieron las principales características de las puestas y de las larvas y se llevó a cabo su engorde hasta los 18 meses de edad, alcanzando los 400 g de peso medio.

El siguiente experimento fue desarrollado en el Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía (IEO) (Peleteiro, 1998) y en él se obtuvieron también puestas naturales a partir de 6 ejemplares capturados en el medio natural y se definieron las características de los huevos y de los estadios embrionarios.

Desde el año 2000 se han realizado diversos experimentos de pre-engorde y engorde de esta especie en el Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGaFA), perteneciente a la Consellería do Medio Rural



de do Mar de la Xunta de Galicia (Souto y Rodríguez 2001, 2002b; Rodríguez *et al.*, 2007; Souto *et al.*, 2008; Rodríguez y Souto 2009).

En el año 2001 se publicó una monografía dedicada a esta especie y a sus posibilidades de cultivo acuícola (Suquet, 2001). Queménér *et al.* (2002) realizaron una selección de nuevas especies de peces candidatas para su cultivo en la costa Atlántica de Francia utilizando 22 criterios: el abadejo ocupó el puesto 24 entre las 20.000 especies consideradas. Ese mismo año se publicaron varios trabajos más sobre diversos aspectos del cultivo de esta especie (Buchet *et al.*, 2002; Gatesoupe, 2002; Omnes *et al.*, 2004).

En el año 2002 el grupo empresarial *Isidro de la Cal* inició los primeros experimentos de cultivo con esta especie, capturando ejemplares adultos del medio natural para formar un *stock* de reproductores en su planta Luso Hispánica de Acuicultura, ubicada en Valdoviño (A Coruña). En el año 2003 obtuvieron las primeras puestas y produjeron los primeros alevines que preengordaron en sus instalaciones. Una vez preengordados se trasladaron a las jaulas donde se llevó a cabo su engorde hasta tamaño comercial. Los peces se despescaron de las jaulas de engorde con un peso medio de 2 kg, a continuación se sacrificaron en frío (agua de mar con hielo) y se empacaron enteros en cajas de poliestireno expandido. En el año 2005, se empezó a comercializar por primera vez esta especie, con 0,15 t, que se incrementaron al año siguiente a 9,85 t y alcanzaron las 39,66 t en el año 2007. En el año 2008 la producción descendió a 6,41 t y en el año 2009 únicamente se produjeron 0,42 t. A partir del año 2009, el grupo *Isidro de la Cal* cesó en las actividades de desarrollo del cultivo de esta especie por decisión estratégica. Actualmente no existe ninguna empresa en España dedicada al cultivo del abadejo.

2.3.1.1. Reproducción y manejo de reproductores

El abadejo es una especie gonocórica (o dioica) ya que presenta sexos separados (Fig. 13). Los machos alcanzan en cautividad la primera maduración sexual a los dos años de edad con un peso de unos 700 g y las hembras a los tres años de vida con un peso aproximado de 1,1 kg (Suquet *et al.*, 2005). La formación de los gametos (gametogénesis) se produce con fotoperíodo y termoperíodo decrecientes, mientras que la época natural de puesta del abadejo se extiende desde



FIGURA 13.

Gónadas masculinas y femeninas del abadejo.

enero-febrero a abril-mayo, con fotoperíodo y termoperíodo crecientes (Suquet *et al.*, 1996, 2005).

La densidad de los reproductores estabulados en los tanques de reproducción no debe exceder de 5 kg/m³ y el oxígeno debe mantenerse en niveles próximos a la saturación. Los tanques (Fig. 14) disponen de un desagüe de superficie para la recogida de las puestas, con unos colectores con una malla de 0,5 mm en la salida que retienen los huevos ya fecundados. Éstos se trasvasan a unos recipientes donde se separan por densidad los huevos flotantes (de buena calidad) de los



FIGURA 14.

Tanque de reproductores de abadejo en el IGaFA.



no flotantes (mala calidad) y se determina la cantidad y la calidad de los huevos flotantes y el porcentaje de fecundación. Las puestas se consideran de buena calidad cuando los huevos son transparentes, presentan paredes lisas, un tamaño adecuado (1,1-1,2 mm) y las dos primeras divisiones celulares son simétricas.

La puesta en cautividad es espontánea y secuencial, con varios ciclos ovulatorios por hembra, por lo que durante el período de puestas se producen varias puestas de cada hembra. La media de puestas por hembra es de 5, aunque este número depende de la temperatura de estabulación, pudiendo llegar hasta 23 puestas por hembra mantenida a 8 °C (Suquet *et al.*, 2005). La fecundidad es muy elevada pudiendo superar los 600 000 huevos/kg de hembra, huevos que se caracterizan por carecer de gota de grasa (Fig. 15).

La temperatura del agua durante el período de puestas tiene un gran efecto sobre diversos aspectos de la actividad reproductora. Suquet *et al.* (2005) ensayaron tres temperaturas (8, 10 y 12 °C) y observaron como a 12 °C el número de puestas, el número de huevos y el porcentaje de huevos viables fueron menores que a 8 y 10 °C, sugiriendo que 12 °C es la temperatura límite para la reproducción de esta especie.

La duración del período de puestas varía generalmente entre 1 ó 2 meses, dependiendo de la temperatura del agua. Suquet *et al.* (2005)

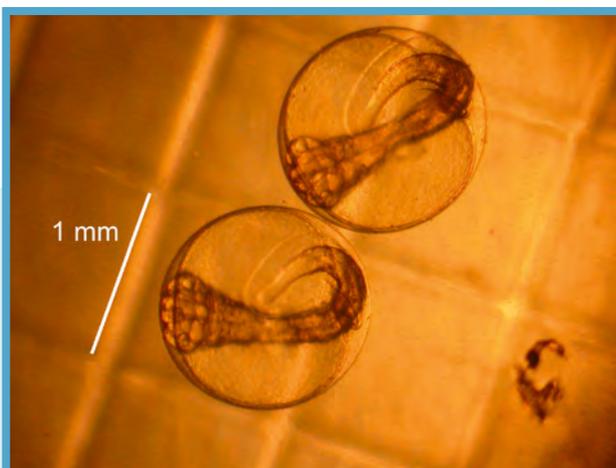


FIGURA 15.
Huevos de abadejo.



observaron que a 8 °C el período de puestas del abadejo transcurría aproximadamente durante 65 días, mientras que a 12 °C el periodo de puesta era de aproximadamente 47 días.

En los experimentos en los que se obtuvieron puestas espontáneas de abadejo en cautividad (Suquet *et al.*, 1996 y 2005), los reproductores procedían del medio natural. Estaban estabulados en tanques cilíndricos con un volumen de 15 m³ y 1 metro de altura de agua, y mantenidos bajo condiciones naturales de fotoperíodo (desde 8,5 hasta 16 horas de luz) y termoperíodo, con temperaturas medias que oscilaron entre 10,5 y 18 °C (Suquet *et al.*, 1996) y entre 8 y 17 °C (Suquet *et al.*, 2005).

La alimentación de los reproductores era a saciedad. El número de tomas a la semana varió según los experimentos considerados, desde un mínimo de dos veces a la semana (Suquet *et al.*, 1996, 2005) hasta tres o cuatro veces a la semana. El alimento utilizado fue pescado troceado o pienso semihúmedo elaborado con una mezcla de harina de pescado (50%) y pescado troceado y calamar (50%). También se ha realizado un experimento de alimentación de los reproductores de abadejo con pienso seco comercial de reproductores, enriquecido con aportes de diversos aceites de pescado (Omnes *et al.*, 2004).

En las instalaciones de Luso Hispana de Acuicultura, el lote de reproductores estaba formado por 100 individuos con un peso medio de 4 kg, estabulados en un tanque circular de 130 m³ (carga de 3,07 kg/m³). Los peces eran alimentados 3 veces a la semana con un pienso semihúmedo elaborado a base de harina de pescado al 50% y el otro 50% pescado descongelado y calamar (Arán, 2005).

Al igual que en otros peces, como el rodaballo, durante el periodo de puestas se produce una disminución de la ingesta de alimento. Esa disminución del apetito le permite al acuicultor intuir que el momento de las puestas está próximo.

2.3.1.2. Incubación

La incubación se realiza en tanques cilindro-cónicos de poliéster. Su capacidad suele variar entre 40 y 100 l y en su parte central tienen un filtro de 0,5 mm para evitar la salida de los huevos. Los tanques tam-



bién disponen de una aireación central muy suave. El proceso suele hacerse en circuito abierto con una renovación del 20-30% a la hora.

La densidad de incubación no debe sobrepasar los 5 000 huevos/l a temperatura entre 8-10 °C (Suquet *et al.*, 2005). El desarrollo embrionario dura unos 60-70 grados-día y las larvas eclosionan con un tamaño aproximado de 3 mm de longitud total. La tasa media de eclosión de los huevos fue baja (16,5%) y con una gran variabilidad entre distintas puestas (Suquet *et al.*, 1996).

2.3.1.3. Cultivo larvario

El cultivo larvario se suele realizar en tanques de poliéster, con un volumen entre 10 y 20 m³ y con aireación central suave. El cultivo se realiza en circuito abierto con una renovación en los primeros días del 5% a la hora (1,2 renovaciones/día) que se va incrementando a medida que avanza el cultivo hasta alcanzar las dos renovaciones a la hora. La iluminación es continua, la temperatura varía entre 14-16 °C (Suquet *et al.*, 1996) y la densidad larvaria entre 10-35 larvas/l.

Las larvas de abadejo recién eclosionadas miden unos 3 mm y pesan entre 0,1-0,2 mg (Fig. 16). Son poco activas y, como en la mayoría de las larvas de los peces marinos, están muy poco desarrolladas presentando el tubo digestivo incompleto, con el ano y la boca cerrados. Durante los primeros días la larva se alimenta de sus reservas vitelinas (alimentación endógena). La apertura de la boca se produce entre el



FIGURA 16.
Larva de abadejo recién eclosionada.

día 3.º y 4.º de vida (días post-eclosión, dpe) y desde ese momento comienza la alimentación exógena. La larva se vuelve más activa y comienza a nadar para buscar alimento (Fig. 17).

La alimentación exógena comienza con el rotífero (*Brachionus plicatilis*) enriquecido con microalgas (*Isochrysis galbana*) o con enriquecedores comerciales y se mantiene generalmente hasta el 17 dpe. La densidad de rotíferos en los tanques de cultivo larvario se mantiene normalmente a una concentración máxima de 8 rotíferos/ml. Diariamente también se le añaden a los tanques microalgas (*Tetraselmis suecica* o *Nannochloropsis gaditana* e *Isochrysis galbana*) para mantener la calidad nutricional del rotífero y mejorar la calidad del medio de cultivo (técnica del «agua verde»). Entre los 15-22 dpe se añaden nauplios de *Artemia* y aproximadamente desde el 18 dpe se añaden metanauplios de *Artemia* enriquecidos normalmente con productos comerciales. Todos estos cambios de alimentación se deben realizar de forma progresiva (Fig. 18). La metamorfosis tiene lugar entre el 25 dpe y el 30 dpe y al final de la misma la larva mide unos 20 mm y pesa aproximadamente 10 mg (Suquet *et al.*, 1996) (Fig.19).

El porcentaje de supervivencia en la etapa larvaria es bajo, lo que se considera uno de los principales problemas a la hora de abordar el cultivo del abadejo. Suquet *et al.* (1996) obtuvieron tasas de supervivencia larvaria muy variables: entre un 2,8% y un 28,0% al día 30º.



FIGURA 17.
Larva de abadejo de 4 días de edad.

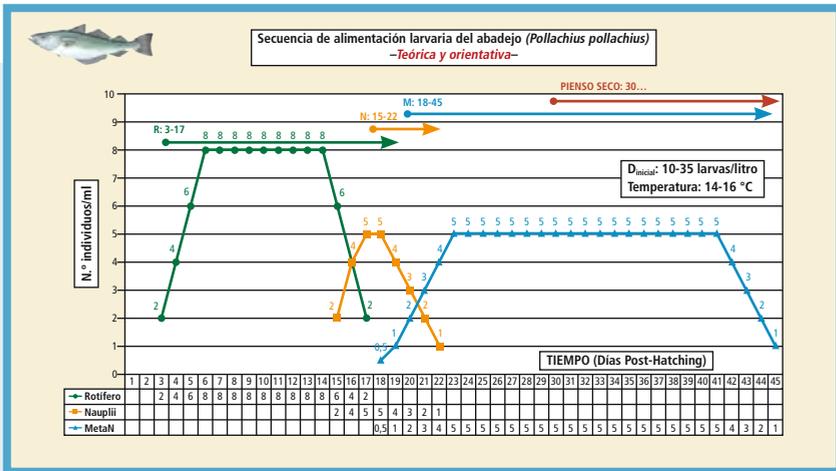


FIGURA 18.

Secuencia orientativa de la alimentación larvaria del abadejo [R = Rotífero (3-17 dpe); N = Nauplios de Artemia (15-22 dpe); M = Metanauplius de artemia (18-45 dpe); Piense seco, del día 30 dpe en adelante)].

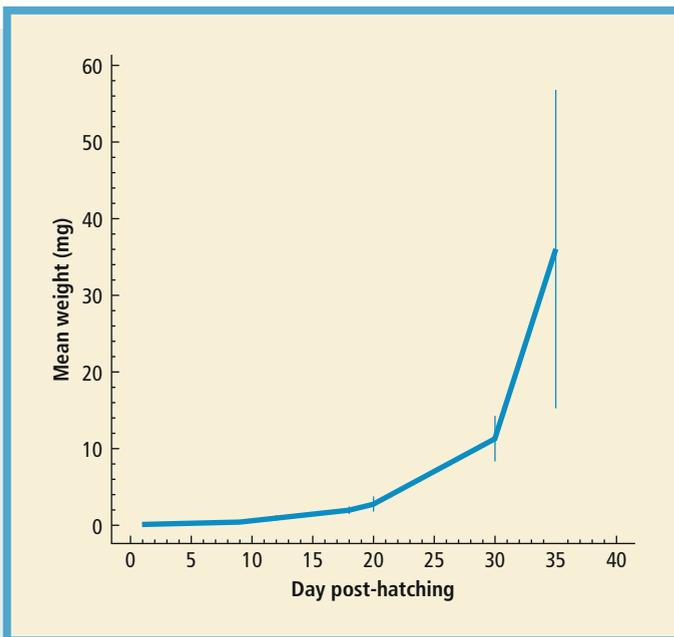


FIGURA 19.

Crecimiento en peso húmedo de las larvas de abadejo (Suquet *et al.*, 1996).



Los mejores resultados se obtuvieron con densidades larvarias de 25 larvas/l, intensidades luminosas inferiores a 50 lux durante los primeros días de cultivo y temperaturas de 14-16 °C.

La empresa Luso Hispana de Acuicultura utilizando tanques «*Poltank*» (tanques con fondo autolimpiable y brazo rotatorio con colector de residuos, de 2,5 m³ de capacidad y sistema de recirculación) alcanzó supervivencias larvarias medias del 12,1%, mientras que en tanques de control en circuito abierto la supervivencia no superó el 5,5%, demostrando así el buen funcionamiento del sistema de recirculación «*Poltank*» en el cultivo larvario del abadejo (Arán, 2005). La reducción en la manipulación y limpieza (sifonado) de los tanques de cultivo junto con el aumento de la calidad y estabilidad del agua, mejoraron el proceso de cría larvaria tanto en términos de calidad (medida por el número de individuos sin deformidades esqueléticas), como de cantidad (supervivencia) de alevines producidos.

El destete (paso de alimento vivo a inerte) se inicia aproximadamente el día 30-35 de vida administrando, además del alimento vivo, piensos secos comerciales de los que se utilizan para otras especies marinas. Se suministran varias veces al día, manualmente o mediante comederos automáticos, y la cantidad de pienso se va incrementando a medida que se va disminuyendo la cantidad de metanauplios de *Artemia*. A partir del día 45 el pienso seco constituye el único alimento que se añade a los tanques. Esta fase es muy crítica porque los peces son muy voraces y se tiene que dosificar muy bien la cantidad de alimento ya que la ingestión de demasiado alimento puede provocar una inflamación del tubo digestivo y producir importantes mortalidades.

2.3.1.4. Preengorde y engorde

Finalizado el destete, los alevines (Fig. 20) se trasvasan a la zona de preengorde o «*nursery*». Los peces suelen tener un peso medio de 0,5 g y se mantienen en esa zona hasta que alcanzan un peso de unos 10-12 g, que es cuando los juveniles son transferidos a las jaulas de engorde.

Los tanques en los que lleva a cabo este proceso son normalmente de poliéster, de forma circular y con un volumen entre 10 y 20 m³. Los tanques se mantienen en circuito abierto, al principio con una renova-



FIGURA 20.
Alevín de abadejo
(Autor: A. Pizarro,
Grupo Empresarial
Isidro de la Cal).

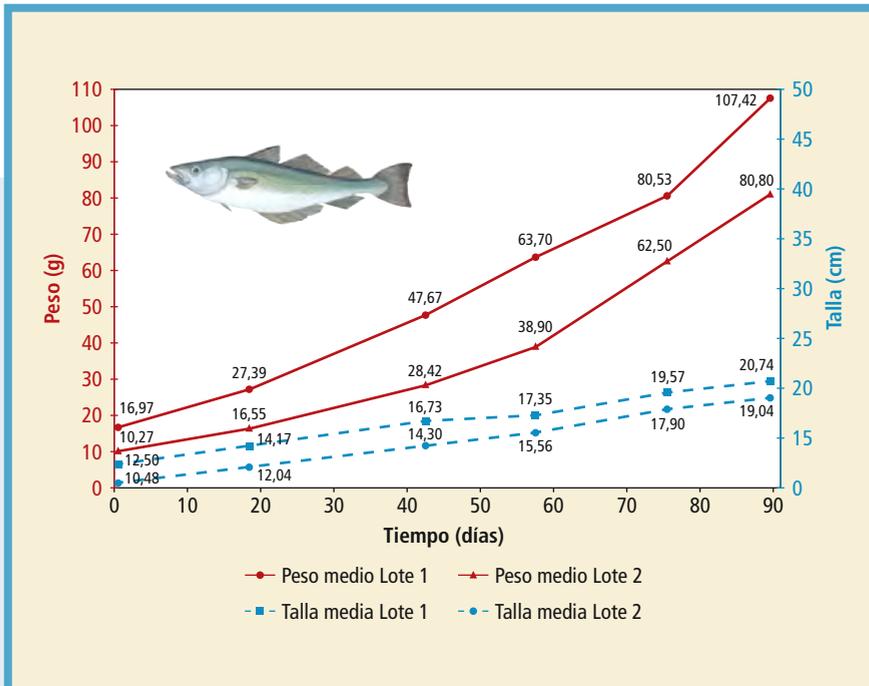


FIGURA 21.
Curvas de la evolución de la talla y el peso medio de dos lotes de abadejo preengordados en el IGaFA (Rodríguez *et al.*, 2007).



ción cada dos horas (12 renovaciones/día), renovación que se va incrementando a medida que aumenta la biomasa del tanque. La temperatura del cultivo es de 14-17 °C y el fotoperíodo suele ser de 16 horas de luz y 8 de oscuridad (16L:8O).

En esta fase es muy importante la clasificación de los alevines por tamaños para evitar la dispersión de tallas en el tanque y el canibalismo. La clasificación de los individuos se suele realizar manualmente; a lo largo de este proceso también se hace una selección de los alevines eliminando los que presentan malformaciones.

En una experiencia de preengorde de abadejo desarrollada en el IGaFA (Rodríguez *et al.* 2007) se cultivaron durante 89 días dos lotes de alevines nacidos en cautividad. Un lote estaba constituido por 305 ejemplares con un peso medio inicial de 16,97 g y una longitud media inicial de 12,50 cm. El otro lote estaba constituido por 363 peces de 10,27 g y 10,40 cm. Los peces se mantuvieron en tanques circulares de 1m³ a 14-18 °C y se alimentaron con pienso seco comercial por medio de comederos automáticos (la tasa de alimentación varió entre el 2,0% al principio del experimento y el 1,5% al final). Los peces alcanzaron un peso medio de 107,42 g en el primer lote, y de 80,8 g en el segundo, y presentaron una tasa de crecimiento específica diaria media de 2,06% y 2,35%, respectivamente. El factor de condición medio fue similar en ambos lotes (1,06 y 1,07 respectivamente). El índice de conversión medio del periodo fue de 0,78 y de 0,62, respectivamente (Fig. 21).

El primer experimento de engorde a nivel experimental fue desarrollado por Suquet *et al.* (1996). El experimento se inició en tanques de 0,5 m³ y posteriormente se utilizaron tanques circulares de 15 m³. La temperatura osciló entre 13 y 18 °C y los peces se alimentaron con pienso seco comercial no específico (concretamente pienso para rodaballo). El experimento se inició con peces de 135 días de vida y aproximadamente 10 g de peso y al final del ensayo, después de 399 días, los peces alcanzaron los 400 g (Fig. 22).

Souto y Rodríguez (2001) determinaron el crecimiento de 35 individuos adultos de 169,2 g de peso medio y de 26,3 cm de talla media capturados en el medio natural. Los peces se estabularon en un tanque de 1 m³, y se alimentaron con un pienso semihúmedo (a base de



calamar y harina de pescado). La duración del ensayo fue de 105 días y al final del mismo los peces alcanzaron un peso medio de 293,23 g y 30,68 cm de talla media. Los abadejos mostraron una rápida adaptación a la cautividad, una gran resistencia al manejo y una alta supervivencia así como una tasa diaria de crecimiento específica de 0,91% y un índice de conversión de 1,88 (valor muy aceptable considerando que se utilizó pienso semihúmedo).

Person-Le Ruyet *et al.* (2006) ensayaron durante 84 días la influencia de la temperatura de cultivo (9, 12, 15, 18 y 21 °C) sobre el crecimiento de juveniles de abadejo nacidos en cautividad. Los peces con un peso medio inicial de 143 g, se mantuvieron en tanques de 1m², con un volumen efectivo de 450 litros, y se alimentaron con pienso seco comercial. Determinaron que el mejor rango de temperaturas para el engorde de los juveniles está entre 12 y 15 °C, obteniendo tasas diarias de crecimiento específico a esas temperaturas del 0,52% y de 0,53%, superiores a los obtenidos a 9 °C (0,40%) y a los 18 °C (0,04%), e índices de conversión del alimento del 1,18 y del 1,42 respectivamente (Fig. 23).

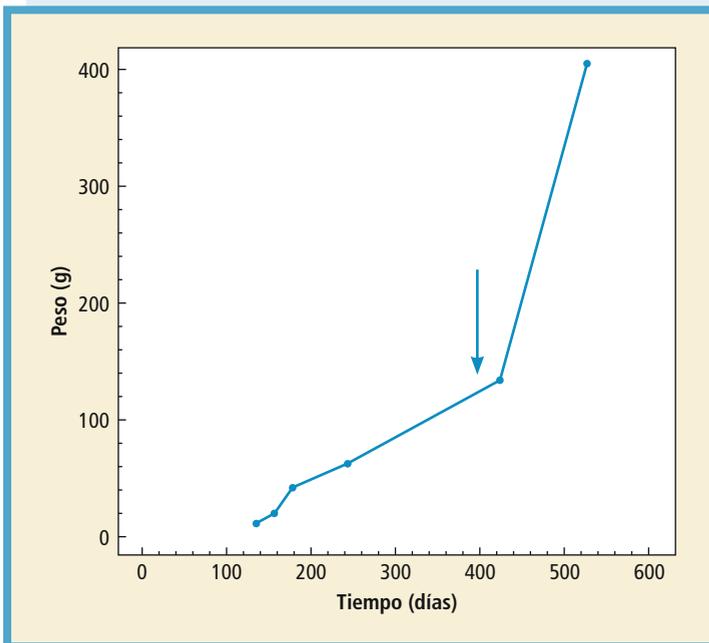
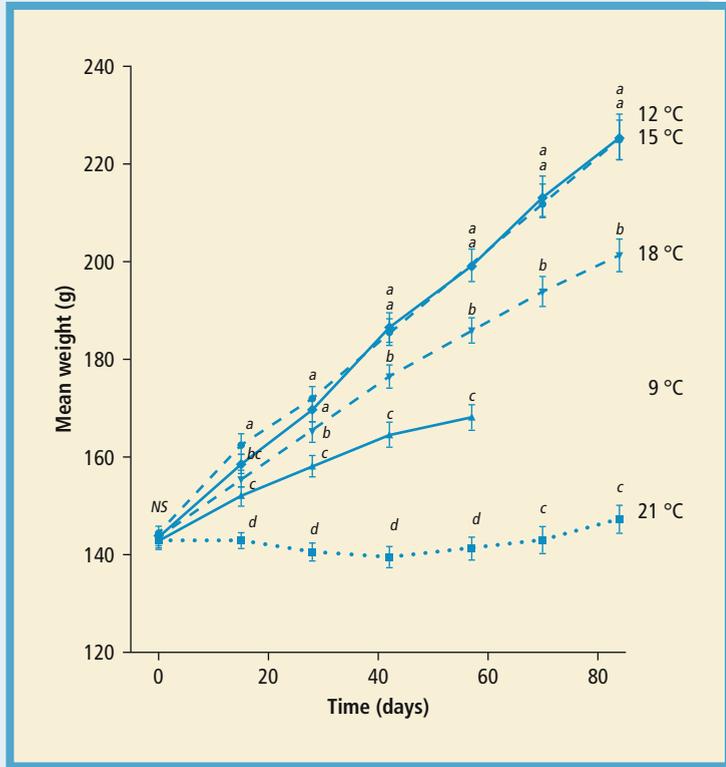


FIGURA 22.

Crecimiento del abadejo obtenido en el IFREMER (Suquet *et al.*, 1996). La flecha indica el momento del cambio de tanques de 0,5 a 15 m³.

FIGURA 23. Crecimiento en peso de varios lotes de abadejo engordados durante 84 días en el IFREMER a distintas temperaturas (Person-Le Ruyet *et al.*, 2006).



Souto *et al.* (2008) estudiaron durante 9 meses el engorde de 70 abadejos nacidos en cautividad, de 382,57 g de peso medio y 32,80 cm de longitud media, estabulados en un tanque de poliéster cuadrado de 4 m³. La temperatura fluctuó entre 12,4 y 19,1 °C y la alimentación fue a base de pienso seco específico de la compañía *Skretting* que se suministró mediante comederos automáticos tres veces al día. Al final del experimento los peces alcanzaron un peso medio de 1 051,90 g y una longitud media de 42,02 cm (Fig. 24). El factor de condición medio fue 1,29, la tasa de crecimiento específica diaria 0,39%, y el índice de conversión del alimento 1,57.

Un problema detectado en este experimento fue que los peces maduraban en los tanques de engorde antes de alcanzar la talla comercial (2 kg). En las instalaciones del IGaFA también se pudo com-

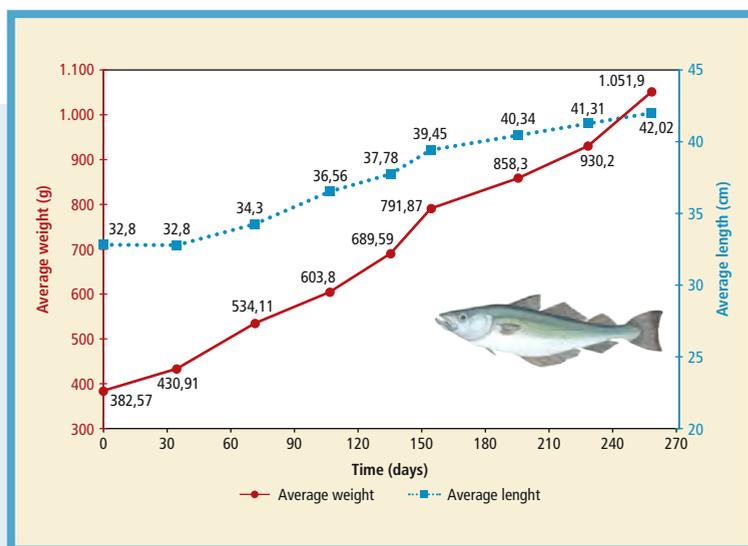


FIGURA 24.

Evolución de la talla y el peso de un lote de abadejo engordado en el IGaFA (Souto *et al.*, 2008)

probar que los abadejos llegaban a madurar incluso estando estabulados en tanques de engorde más pequeños (de sólo 1,2 m³). Esta buena adaptación del abadejo a pequeños volúmenes ya había sido señalada por Suquet *et al.* 2005.

En la tabla 3 se resumen los experimentos de crecimiento del abadejo anteriormente descritos, ordenados de forma creciente según el peso medio inicial de los peces utilizados.

Hasta la fecha, el grupo empresarial *Isidro de la Cal* ha sido el único que ha desarrollado el engorde comercial de esta especie. El proceso de engorde se realizó en jaulas flotantes situadas en la ría de O Barqueiro, límite entre los litorales de las provincias de A Coruña y Lugo (Fig. 25). Las jaulas estaban construidas en polietileno, eran de forma circular con un diámetro de 16 m y las redes de una altura de 5 m. En la alimentación se utilizaron piensos comerciales específicos que se suministraron manualmente y la densidad de cultivo fue de 15-20 kg/m³. Los peces se comercializaron con un peso de unos 2 kg, al que llegaron tras 36 meses de su traslado a las jaulas.



FIGURA 25.
Jaulas para el cultivo de abadejo en la ría de O Barqueiro (Autor: A. Pizarro, Grupo Empresarial Isidro de la Cal).

TABLA 3.
Crecimiento en peso en diferentes pruebas de engorde de abadejo.

Autores	Peso inicial	Tiempo	Peso final	Pienso
Suquet <i>et al.</i> , 1996	0 g	534 días (≈ 17,5 meses)	400 g	Semihúmedo (hasta 10 g) y seco de rodaballo
	0 g	135 días (4,5 meses)	≈ 10 g	Semihúmedo y seco
	≈ 10 g	399 días (≈ 13 meses)	400 g	Seco de rodaballo
Rodríguez <i>et al.</i> , 2007	10 g (lote 2)	89 días (≈ 3 meses)	80 g	Seco específico
	17 g (lote 1)	89 días (≈ 3 meses)	107 g	Seco específico
Person-Le Ruyet <i>et al.</i> , 2006	143 g	84 días (≈ 3 meses)	225 g	Seco de rodaballo
Souto <i>et al.</i> , 2001	169 g	57 días (≈ 2 meses)	293 g	Semi-húmedo
Souto <i>et al.</i> , 2008	382 g	258 meses (≈ 9 meses)	1.051 g	Seco específico

2.3.1.5. Patología

En los escasos experimentos desarrollados sobre el cultivo de esta especie las patologías más importantes son las que se detectaron durante el destete y preengorde asociadas a la sobrealimentación (Fig. 26), así como la aparición de ejemplares con deformidades en la espina dorsal. Durante el engorde en las jaulas se registró algún brote de vibriosis.



FIGURA 26.

Alevín de abadejo en el que se observa una inflamación del tubo digestivo.

2.3.2. Conclusiones

Los resultados de las investigaciones sobre el potencial acuícola del abadejo indican que es una especie que se adapta bien a la cautividad, realiza puestas espontáneas, es resistente al manejo, presenta unos aceptables índices de crecimiento y una temperatura óptima de engorde de 12-15 °C. No obstante, se precisan más investigaciones encaminadas a incrementar la tasa de eclosión de los huevos, la supervivencia durante el cultivo larvario y el destete, y desarrollar piensos específicos para intentar optimizar sus tasas de crecimiento. Al ser una especie que reduce su alimentación durante la época de puesta, sería interesante conseguir un retraso en la maduración sexual para que no se produzca antes de alcanzar el tamaño comercial en cultivos a escala industrial, evitándose así la pérdida de potencial de crecimiento que supone ese período con menor ingesta de alimento.

A modo de resumen se exponen a continuación las principales ventajas y problemas que se pueden encontrar para cultivar esta especie:

Principales ventajas:

- Es una especie bien conocida por los consumidores.



- Se adapta bien al cultivo y es resistente al manejo y a los anestésicos.
- Los reproductores procedentes del medio natural pueden tener puestas tras un corto período de adaptación (alrededor de 1 año).
- Puestas espontáneas en cautividad.
- Temperatura óptima de engorde entre 12 y 15 °C (susceptible de cultivarse en gran parte de las costas atlánticas europeas).
- Tiene un buen crecimiento.
- Existe pienso seco específico para el engorde de esta especie.

Principales problemas:

- Poco cotizada en algunos países europeos.
- Su carne se deteriora fácilmente y debe consumirse lo más fresca posible.
- Maduración precoz en cultivo antes de alcanzar la talla comercial (a partir de 2 kg), con lo que se pierde potencial de crecimiento (el abadejo reduce su alimentación durante su época de puesta) y rendimiento en carne.
- Tasa de eclosión de huevos baja.
- Tasa de supervivencia larvaria baja.
- Tasa de supervivencia en el destete baja

2.4. AGRADECIMIENTOS

A Antonio Pizarro, del Grupo Empresarial *Isidro de la Cal*, por la información suministrada y la aportación de algunas de las fotografías presentadas en este trabajo.

A Carlos Mariño por la realización de algunas de las fotografías presentadas en este trabajo.

2.5. BIBLIOGRAFÍA

- AHLSTROM E.H. y COUNTS R.C. 1955. Eggs and larvae of the Pacific hake, *Merluccius productus*. *Fish. Bull.* 56(99): 295-329.
- ALHEIT J. y PITCHER T.J. (Eds.) (1995). *Hake. Fisheries, Ecology and markets*. Fish and Fisheries Series 15. Chapman & Hall, London. UK. 508 p.
- ÁLVAREZ P., FIVES J., MOTOS L. y SANTOS M. 2004. Distribution and abundance of European hake *Merluccius merluccius* (L.) eggs and larvae in the North East



- Atlantic waters in 1995 and 1998 in relation to hydrographic conditions. *J. Plank. Res.* 26: 811-826.
- ARÁN J. 2005. Informe sobre los resultados del «Poltank» (PROGRESS REPORT 1-15 AL «POLTANK»). Luso Hispana de Acuicultura, S.L. Proyecto Aquareg.
- ARBAULT S. y BOUTIN N. 1968. Ichthyoplankton. Oeufs et larves de poissons téléostéens dans le Golfe de Gascogne en 1964. *Rev. Trav.Inst. Pêches Marit.* 32: 412-476.
- BAILEY K.M. 1982. The early life history of the Pacific Hake, *Merluccius productus*. *Fish. Bull.* 80: 589-598.
- BELLOC G. 1935. Etude monographique du merlu *Merluccius merluccius* L., 3ème partie. *Rev. Trav. Off. Pêches Marit.* 8: 145-202.
- BJELLAND R.M. 2001. *European hake, Merluccius merluccius (L.1758), a new candidate for aquaculture?. Rearing techniques, larval development and start feeding*. Ms. Thesis. Dep. Fisheries and Marine Biology, University of Bergen. Norway.
- BJELLAND R.M. y SKIFTESVIK A.B. 2006. Larval development in European hake (*Merluccius merluccius* L.) reared in a semi-intensive culture system. *Aquacult. Res.* 37: 1117-1129.
- BROWN D.R., LEONARDUZZI E. y MACHINANDIARENA L. 2004. Age, growth and mortality of hake larvae (*Merluccius hubbsi*) in the north Patagonian shelf. *Sci. Mar.* 68 (2): 273-283.
- BUCHET V., SUQUET M., OMNES M.H., PETTON B., NORMANT Y., SEVERE A., QUÉMENER L., BARONE H., FAUVEL C. y GAIGNON J.L. 2002. Pollack (*Pollachius pollachius*): Acquisition of biological data in a breeding purpose. En: *Seafarming today and tomorrow*, Proceedings of Aquaculture Europe 2002, Trieste, Italy, 16-19 October 2002. *EAS Sp. Publ.* 32: 165-166.
- BUCKLEY L.J., SMIGIELSKI A.S., HALAVIK T.A., BURNS B.R. y LAURENCE G.C. 1993. Growth and survival of the larvae of three temperate marine fish species at discrete prey densities. II. Cod (*Gadus morhua*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and silver hake (*Merluccius bilinearis*). En: *Physiological and Biochemical Aspects of Fish Development*, Walter B.T. y Fyhn H.J. (Eds.). University of Bergen. Bergen. Norway, pp. 183-195
- BUSTOS C.A. y LANDAETA M.F. 2005. Development of eggs and early larvae of the Southern hake, *Merluccius australis* reared under laboratory conditions. *Gayana* 69(2): 402-408.
- BUSTOS C.A., BALBONTÍN F. y LANDAETA M.F. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Merlucciidae) in Chilean fjords. *Fish. Res.* 83: 23-32
- BUTTLER J.L. y NISHIMOTO R.N. 1997. Growth and cohort dynamics of larval Pacific hake (*Merluccius productus*). *CalCOFI Rep.* 38: 63-68.
- CASEY J. y PEREIRO J.A. 1995. European hake (*M. merluccius*) in the North-east Atlantic. En: *Hake: Biology, Fisheries and Markets*. J. Alheit y T. J. Pitcher (Eds.). Chapman y Hall, London, U. K., pp. 125-147



- COHEN D.M., INADA T., IWAMOTO T. y SCIALABBA N. (Eds.). 1990. *FAO Species Catalogue Vol. 10. Gadiform Fishes of the World*. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, FAO, Roma 1990: 442 p.
- COOMBS S.H. y MITCHELL C.E. 1982. The development rate of eggs and larvae of the hake, *Merluccius merluccius* (L.) and their distribution to the west of British Isles. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 40: 119-126.
- D'ANCONA U. 1956. Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. Gadidae. *Fauna Flora Golfo Napoli* 38: 178-255.
- DREANNO C., SEGUIN F., COSSON J., SUQUET M. y BILLARD R. 2000. H-NMR and 31P-NMR analysis of energy metabolism of quiescent and motile turbot (*Psetta maxima*) spermatozoa. *J. Exp. Zool.* 286: 513-522.
- ENGELSEN R., ASCHE, F., SKENNUM, F. y ADOFF G. 2004. New species in aquaculture: some basic economic aspects. En: *Culture of cold-water marine fish*. Moksness E., Kjorsvik E. y Olsen Y. (Eds.). Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 487-515
- FAO 2006. FAO yearbook 2006: Fishery statistics: capture production 2004, (www.fao.org).
- GARCÍA-RODRIGUEZ M. y ESTEBAN A. 2002. How fast does hake growth? A study on Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. *Sci. Mar.* 66: 145-156.
- GATESOUBE F.J. 2002. Probiotic and formaldehyde treatments of *Artemia nauplii* as food for larval pollack, *Pollachius pollachius*. *Aquaculture* 212 (1-4): 347-360.
- GEFFEN A.J., GROISON A.L., JOLIET A., KLEPPE L., DU PONTUAL H. y SALTE R. 2008. Challenges in the Rearing of european hake *Merluccius merluccius*. 32th Annual Larval fish Conference, August 2008, Kiel Germany.
- GROISON A.L. 2010. *Male reproductive biology of European hake Merluccius merluccius*. Tesis Doctoral. University of Bergen. 94 pp.
- GROISON A., SUQUET M., COSSON J., LE COZ J.R., JOLIVET A. y GARREN F. 2008. Biological characteristics of European hake (*Merluccius merluccius*) sperm. *Cybium* 32 (2) suppl.: 178.
- GROISON A., SUQUET M., COSSON J., MAYER I., SEVERE A., BOUQUET J.M. GEFFEN A.J., UTNE-PALM A.C. y KJESBU O.S. 2010. Sperm motility in European hake, *Merluccius merluccius*, and characterization of its spermatozoa concentration and volume, spermatocrit, osmolality and pH. *Aquaculture* 301: 31-36.
- HICKLING C.F. 1933. «The natural history of the hake» Part I and II. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish Food (GB)*. Series 10 (2), 79 pp.
- HUREAU J.C. y MONOD TH., 1973. Chek-list of the fishes of the north-eastern Atlantic and of the Mediterranean. Published by. UNESCO. 683 pp. <http://eunis.eea.europa.eu/documents/1651/general>
- ICES. 2010. Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim. *ICES CM 2010/ACFM:11*



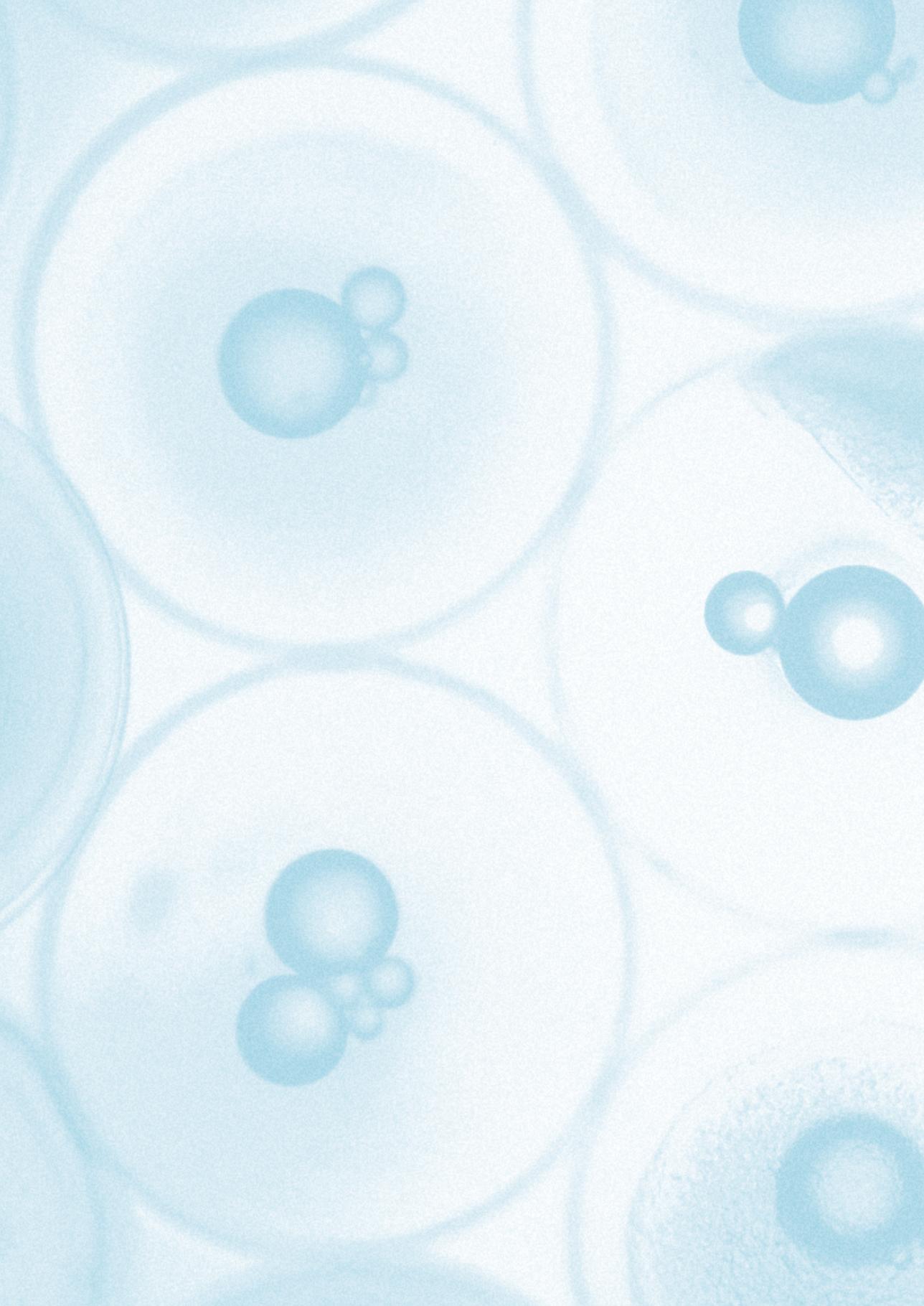
- IGLESIAS J., LAGO M.J., SÁNCHEZ F.J. y CAL, R. 2010. Capture, transport and acclimatization to captivity of European hake, *Merluccius merluccius* L. Preliminary data on feeding and growth. *Aquaculture Research* 41: 607-609.
- KENDALL A.W., AHLSTROM E.H. y MOSER H.G. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. En: *Ontogeny and Systematics of fishes: Proceedings of an International Symposium Dedicated to the Memory of Elbert Halvor Ahlstrom*. H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall y S.L. Richardson (Eds.). American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 1, Allen Press, Lawrence, Kansas, pp.11-22.
- KVENSETH P.G., SKIFTESVIK A.B. y SLINDE E. 1996. Hake-next to be farmed. En: *Proceedings of the 1996 CalCOFI Symposium*, Monterrey, CA.
- LUCIO P., MURUA H. y DANTURTÚN M. 2000. Growth and reproduction of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay during the period 1996-1997. *Ozeanografika* 3: 325-354.
- MARRALE D., ALVAREZ P. y MOTOS L., 1996. Development and identification of European hake, *Merluccius merluccius* L., Embryonic and yolk-sac larval stages. *Ozeanografika* 1: 5-25.
- MAYNOU F., LLEONART J. y CARTES J. 2003. Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment in the NW Mediterranean. *Fish. Res.* 60: 65-78.
- MORALES-NIN B. y ALDERBERT Y. 1997. Growth of juvenile *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on otolith microstructure and length- frequency analysis. *Fish Res.* 30: 77-85.
- MOREAU J. 1964. Contribution a l'étude du lieu jaune (*Gadus pollachius* L.). *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 28(3): 238-255.
- MURUA H., MOTOS L. y LUCIO P. 1998. A reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* L.) in the Bay of Biscay Bay. *CalCOFI Rep.* 39: 196-303.
- MURUA H. y MOTOS L. 2006. Reproductive strategy and spawning activity of the European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. *J. Fish Biol.* 69: 1288-1303.
- OMNES M-H., RECEK S., BARONE H., LE DELLIQU H., SCHMITZ A., MUTELET A., SUQUET M. y ROBIN J.H. 2004. Influence of dry diets on reproductive performance and egg lipid composition during the first spawning season of captive pollack. *J. Fish Biol.*: 65: 333.
- PALOMERA I., OLIVAR M.P. y MORALES-NIN B. 2005. Larval development and growth of European hake *Merluccius merluccius* in the north-western Mediterranean. *Sci. Mar.* 69: 251-258.
- PELETEIRO J.B. 1998. Las nuevas especies (de peces) en la acuicultura gallega. En: *Actas del Foro dos Recursos Mariños e Acuicultura das Rías Galegas*. O Grove (Pontevedra), pp. 88-91.



- PERSON-LE RUYET J., BUCHET V., VINCENT B., LE DELLIU H. y QUÉMENER L. 2006. Effects of temperature on the growth of pollack (*Pollachius pollachius*) juveniles. *Aquaculture* 251 (2-4): 340-345.
- PIÑEIRO C.G. y SAINZA M. 2003. Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius*) from Iberian Atlantic Waters. *ICES J. Mar. Sci.* 60: 1068-1102.
- PIÑEIRO C. G., MARIN M., REY J., PONTUAL H. y GOÑI R. 2007. Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: First results support fast growth hypothesis. *Fish. Res.* 88: 150-154.
- DE PONTUAL H., BERTIGNAC M., BATTAGLIA A, BOVOUZET G. MOGUEDET P. y GROISON A.L. 2003. A pilot tagging experiment on European hake (*Merluccius merluccius*): methodology and preliminary results. *ICES J. Mar. Sci.* 60: 1317- 1328.
- POREBSKI J. 1976. Application of the surface adhesion test to identify the eggs of the hake *Merluccius spp.* *Collection of Scientific Papers-International Commission for Southeast Atlantic Fisheries* 3: 102-106.
- QUÉMENER L., SUQUET M., MERO D. y GAIGNON J.L. 2002. Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquat. Liv. Resour.*, 15: 293-302.
- RAFFAELE E. 1888. Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei nel Golfo di Napoli. *Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel* 9: 1-85.
- RODRÍGUEZ J.L. y SOUTO B.F. 2009. Pollack culture in Spain. *Global Aquaculture Advocate*. Ed. Global Aquaculture Alliance (Missouri , EE.UU). May/June 2009, p. 51.
- RODRÍGUEZ J.L., SOUTO B.F. y QUINTÁNS J.M. 2007. Preengorde de juveniles de abadejo, *Pollachius pollachius* (Linnaeus, 1758), en Galicia. En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Vigo (Pontevedra), 24-28 septiembre de 2007.
- RECANSES L., LOMBARTE A., MORALES-NIN B. y TORRES G.J. 1998. Spatio-temporal variation in the population structure of European hake in the NW Mediterranean. *J. Fish Biol.* 53: 387-401.
- SÁNCHEZ J., CAL R., OTERO J.J., LAGO M.J., GÓMEZ C. e IGLESIAS J. The first spontaneous spawning of European hake *Merluccius merluccius* in captivity. Characteristics of eggs and early larval stages. *Manuscrito en revisión*.
- SKIFTESVIK A.B. y BJELLAND R.M. 2004. Hake. En: *Culture of Cold-Water Marine Fish*, Moksness E., Kjørsvik E. y Olsen Y. (Eds.), Blackwell Publishing, pp. 451-454.
- SOUTO, B.F. y RODRÍGUEZ J.L. 2001. Primera experiencia de engorde de abadejo (*Pollachius pollachius*) en Galicia. En: *Actas del IV Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*, O Grove (Pontevedra), octubre de 2001, pp: 353-357.
- SOUTO B.F. y RODRÍGUEZ J.L. 2002a. *Guía de la Piscicultura Europea*. Ed. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos-Xunta de Galicia. ISBN: 84-453-3206-6. 116 pp.

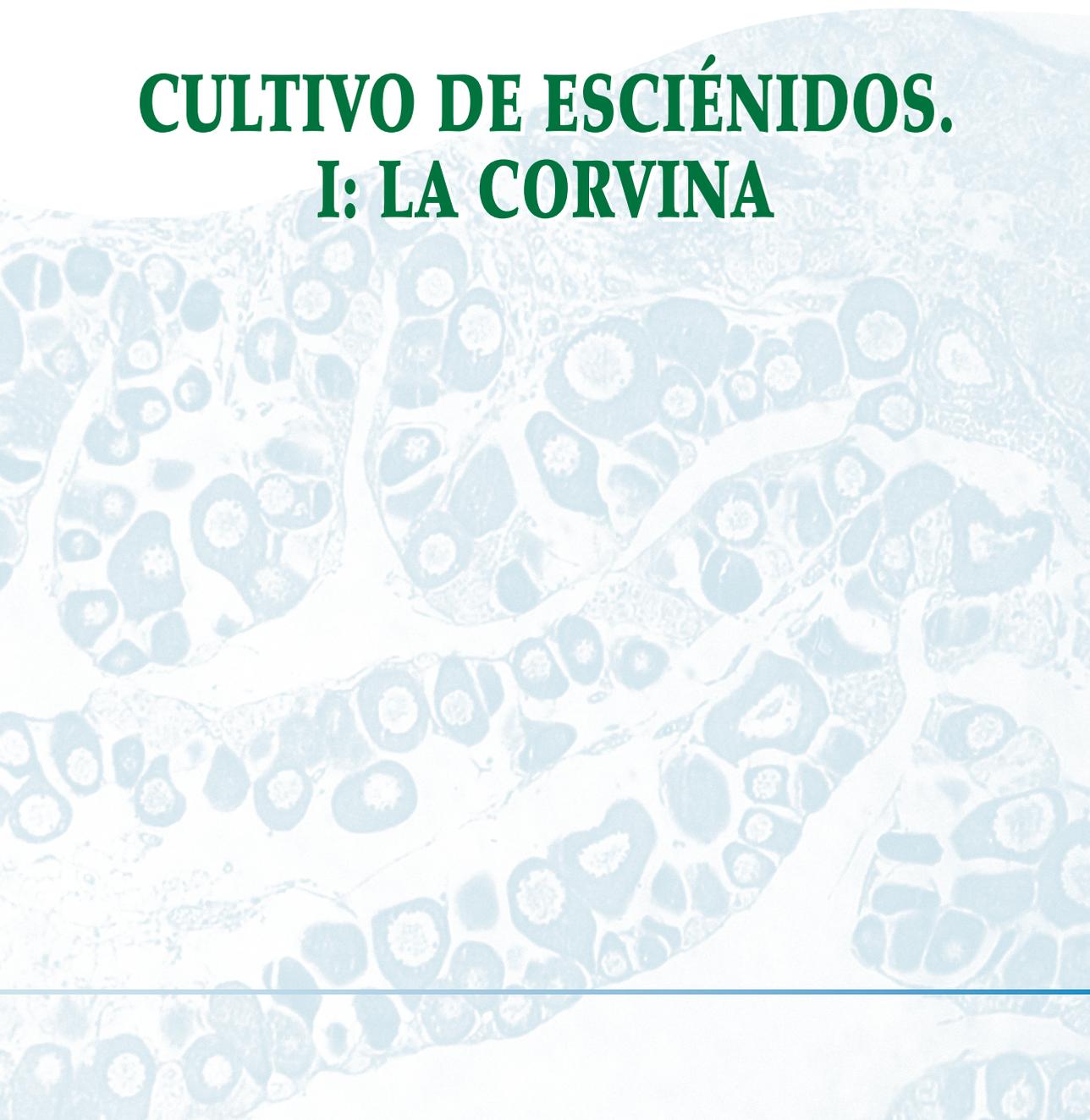


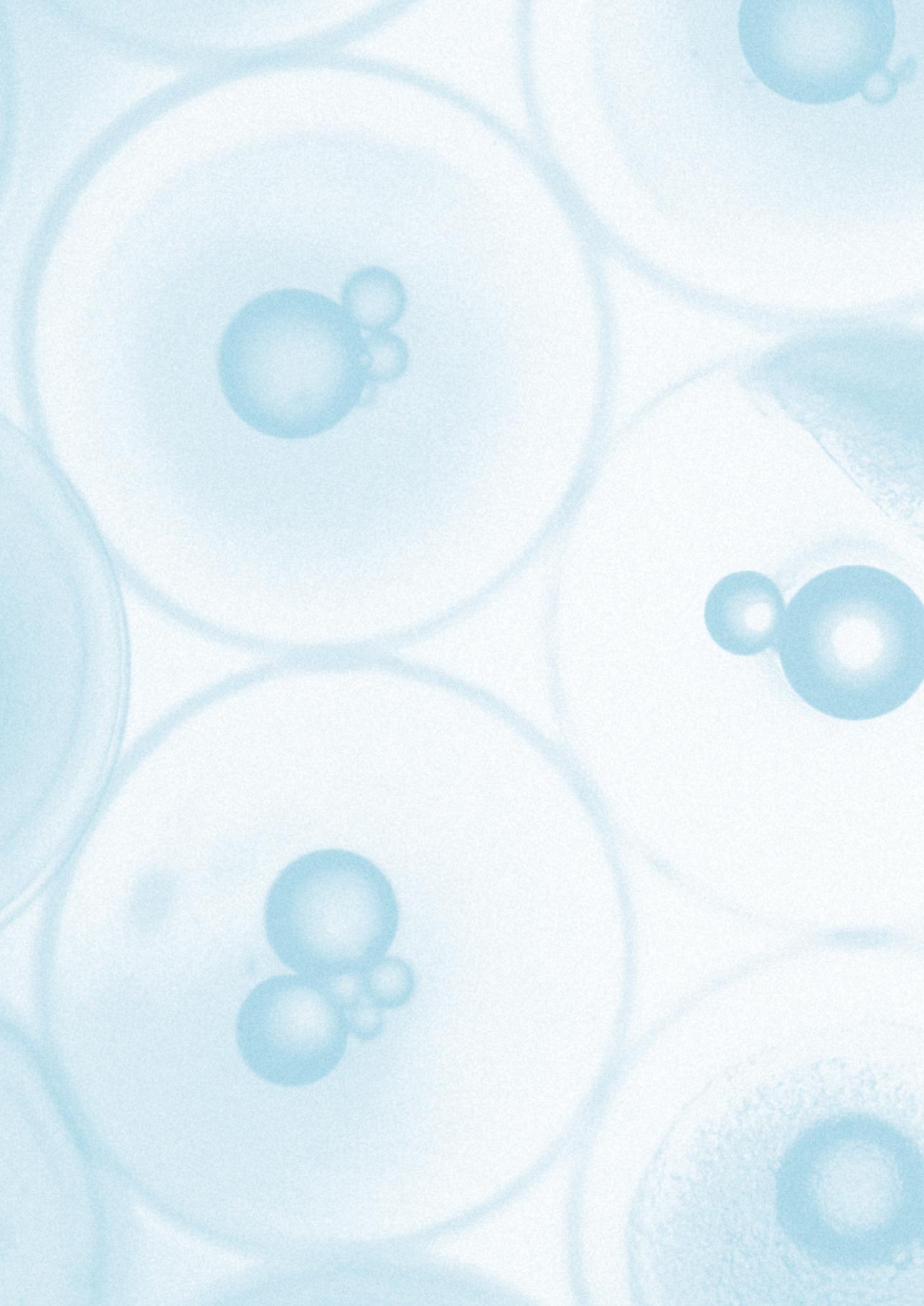
- SOUTO B.F. y RODRÍGUEZ J.L. 2002b. El abadejo: una especie susceptible de cultivo. *Trouw Informa* (ed. Trouw España S.A.), invierno 2002. pp: 17-20.
- SOUTO B.F., RODRÍGUEZ J.L., QUINTÁNS J.M. y CANOSA M.C. 2008. Ongrowing the pollack (*Pollachius pollachius*) in tank. En *Aquaculture Europe'08. Resources management*. Cracovia (Polonia), 15-18 septiembre de 2008, *European Aquaculture Society Special Publication 37*, 132pp .
- STEFANESCU C., LLORIS D. y RUCABADO J. 1992. Deep-living demersal fishes in the Catalan sea (Western Mediterranean) below a depth of 1000 m. *J. Nat. Hist.* 26: 197-213.
- SUQUET M. 2001. *Le lieu jaune* (*Pollachius pollachius*): *Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole*. Ed. IFREMER, Collection Ressources de la mer, Nantes (Francia). 36 pp.
- SUQUET M., PETTON B., NORMANT Y., DOSDAT A. y GAIGNON J.L. 1996. First rearing of pollack, *Pollachius pollachius*. *Aquat. Living Resour.* 9 (2): 103-106.
- SUQUET M., PARFOURU D., PAQUOTTE P., GIRARD S. y GAIGNON J.L. 2000. Method for selection of new marine fish species: The case of pollack (*Pollachius pollachius*). *Cah. Opt. Méditerr.* 47: 127-134.
- SUQUET M., NORMANT Y., GAIGNON J.L., QUÉMENER L. y FAUVEL C. 2005. Effect of water temperature on individual reproductive activity of pollack (*Pollachius pollachius*). *Aquaculture* 243(1-4): 113-120.
- ZAITSEV Y.P. 1971. *Marine neustonology*. Vinogradow K.A (Ed.), Kiev (Rusia), 1970. 207 pp. (Traducida del ruso por el Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1971).



3

CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. I: LA CORVINA





CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. I: LA CORVINA

**Elena Pastor Gracia
Amalia Grau Jofre**

Laboratorio de Investigaciones Marinas
y Acuicultura (LIMIA). Govern Balear

Resumen

La corvina, *Argyrosomus regius* se ha convertido en una nueva especie de crianza de la acuicultura marina de aguas templadas, ya que reúne una serie de características que la hacen especialmente idónea para su producción industrial: un ciclo de producción corto hasta llegar a la comercialización, la alta calidad de su carne y unos precios aceptables de mercado. Las primeras experiencias de cría en cautividad se realizaron a finales de la década de los 90, demostrando ya su potencial acuícola, y su primera producción comercial fue registrada en Francia el año 1997. La primera experiencia de engorde en España data de 1999. La aprobación por la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR) del Plan Nacional de Cría de la Corvina (2005-2007), supuso un gran avance en la adquisición de conocimientos zootécnicos de la especie. La corvina no se reproduce espontáneamente en cautividad y, hasta el momento actual, las puestas se obtienen por inducción de ejemplares salvajes adaptados a la cautividad mediante la administración parenteral de hormonas liberadoras de gonadotropina (GnRH α), por vía intraperitoneal o por colocación de implantes intramusculares de microsferas que liberan lentamente la GnRH α . Las larvas obtenidas son criadas con la metodología tradicional empleada en la cría de la dorada (aguas verdes y secuencia alimentaria rotífero-Artemia-pienso) con pequeñas adaptaciones y muestran un



sencillo manejo y altas tasas de crecimiento en larvario y pre-engorde. La densidad óptima de cría larvaria se sitúa en 25-50 larvas/l y las tasas de alimentación con rotífero son de 5-10 rot/ml y con *Artemia* salina, de 1-2 individuos/ml. La especie se adapta rápidamente a la alimentación inerte (a partir de 20-23 días después de la eclosión, DDE). Durante su cría larvaria, se observa una gran dispersión de tallas que se acrecienta a partir del suministro del alimento inerte, por lo que es necesaria una selección por tamaños para maximizar el crecimiento y disminuir el canibalismo. Al día 35 DDE se realiza el despesque y recuento de los individuos. Las densidades en pre-engorde son altas (10-20 kg/m³) y las tasas de alimentación varían entre el 2-7 % del peso corporal. La corvina en pre-engorde crece muy rápidamente: desde un peso inicial de 2 g a los 65 días, los juveniles estabulados en jaulas flotantes crecen hasta los 20 g en cuatro semanas, siendo la tasa de crecimiento estándar (SGR) de 6,8 %. En engorde, la corvina se adapta a todo tipo de instalaciones, pudiéndose producir tanto en jaulas flotantes como en tanques, en estanques y en esteros. Su crecimiento es muy elevado: juveniles de 110 g pueden alcanzar los 1 850 g en 8 meses de engorde en jaulas flotantes. También se adapta sin problemas a condiciones de salinidad baja, entre 7 y 18 ppt. La SGR en esta fase varía entre 0,46-1,17, dependiendo del sistema de estabulación empleado, obteniéndose mayores rendimientos en engorde en jaulas flotantes o en tierra a salinidad baja. La corvina es un pez robusto muy resistente a las infecciones que presenta pocos problemas patológicos durante su crianza: únicamente cabe destacar la hiperinflación de la vejiga natatoria que se detecta en la cría larvaria (8-15 DDE), probablemente ligada a fallos zootécnicos, y la granulomatosis sistémica de origen nutricional que se detecta durante el engorde. En cuanto a su calidad nutricional, el filete de corvina de crianza es inusualmente magro y de alto valor dietético, con un contenido en grasa similar al que presenta el filete de corvina salvaje, y su período de conservación en hielo es muy largo (18 días). Sin embargo, no es una especie conocida por el consumidor a gran escala y sólo es apreciada en aquellos lugares en que se consume de manera tradicional, por lo que la especie necesitaría una campaña de promoción a escala estatal como apoyo a su introducción en el mercado.



Abstract

The meagre, *Argyrosomus regius*, has become a new species for production of marine aquaculture in temperate waters, combining together a number of features that make it particularly suitable for industrial production: a short production cycle up to the commercialization, high quality of its meat and acceptable market prices. The first rearing experiences took place in the late 90's, showing already its aquaculture potential, and its first commercial production was recorded in France in 1997. The first experience of farming in Spain dates from 1999. The approval by the «Junta Asesora de Cultivos Marinos» (JACUMAR) of the National Plan for the culture of Meagre (2005-2007), meant a great advance in the acquisition of the species zootechnical knowledge. The meagre doesn't reproduce spontaneously in captivity and, up to now, the eggs are obtained by induction of wild specimens adapted to captivity through intraperitoneal injection of gonadotropin-releasing hormone (GnRH α), or by intramuscular implants of sustained-released GnRH α microspheres. Larvae obtained are reared with the traditional methodology employed in the gilt-head seabream culture (green waters and food sequence: rotifer-Artemia-dry pellets) with minor adaptations, being easy to manage and showing high growth rates during larval rearing and weaning. The optimum density in larval rearing is 25-50 larvae / l and feeding rates are 5-10 rotifer / ml and 1-2 Artemia / ml. The species adapts quickly to inert food (from 20-23 days after hatching DAH). During its larval rearing, a wide size dispersion is observed increasing with the artificial feeding supply, that's why it is necessary a size-grading to optimize growth and reduce cannibalism. At 35 DAH fingerlings are caged and counted. Weaning densities are high (10-20 kg/m 3) and feeding rates vary between 2-7 % of body weight. The meagre on weaning grows quickly: from an initial weight of 2 g at 65 DAH, juveniles in marine cages grown to 20 g in four weeks, being the standard growth rate (SGR) of 6.8 %. In on-growing, the meagre adapts to all kind of facilities, being possible to produce it in marine cages, in tanks, in ponds or in marshes. Its growth is very high: 110 grams juveniles can reach 1 850 g in 8 months of on growing in floating cages. This species also adapts easily to low salinity conditions, between 7 and 18 ppt. The SGR in this phase varies between 0.46-1.17, depending on the system used for on growing, resulting a higher performance in cages or in tanks with low salinity conditions. The meagre is a strong fish, highly resistant to infections and presents few



pathological problems during its production: just must be considered the swim bladder hyperinflation detected in the larval rearing (8-15 DAH), and the systemic granulomatosis with nutritional origin detected during on-growing. In terms of its nutritional quality, the fillet of cultured meagre is unusually lean and has high dietetic value, with a fat content similar to that presented in the wild meagre fillet, and its shelf-life on ice is very long (18 days). However, it's not a well known species for the large-scale consumer and it's only appreciated in that places where has been traditionally consumed, so the species would need a state promotional campaign to support its introduction into the market.

3.1. INTRODUCCIÓN

La corvina, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) es un miembro de la familia Sciaenidae incluida en el orden Perciformes, suborden Percoideos. Esta familia incluye cerca de 70 géneros y 270 especies que habitan en agua salada, dulce y salobre distribuidas por todo el mundo (Nelson, 1994). En el Atlántico nordeste y en el Mediterráneo están representados tres géneros, *Sciaena* (*Sciaena umbra*, L. 1758), *Umbrina* (*U. cirrosa* L. 1758; *U. canariensis* V. 1843; *U. ronchus* V. 1843) y *Argyrosomus* (*A. regius* A. 1801), siendo este último el que presenta los ejemplares de mayor tamaño. *A. regius* está ampliamente distribuida a lo largo de la costa atlántica desde el sur de Noruega hasta Senegal, incluyendo el Mar Mediterráneo (Chao, 1986). Los ejemplares más grandes se encuentran a lo largo de la costa oeste de África, y la bahía de Dakar en Senegal parece ser el límite más meridional de la especie.

En España se conoce comúnmente como corvina, aunque regionalmente se denomine con otros nombres: en Cataluña y en Baleares se conoce como corbina, corb reig o corball blanc, en Galicia, como corbina y en Euskadi como andeja. En Europa es conocida como maigre, sciene o courbine en Francia, meagre en Inglaterra, bocca d'oro en Italia, corvina en Portugal, kranios en Grecia, adlerfisch en Alemania y sari agiz en Turkia.

La corvina presenta un cuerpo alargado y esbelto, casi fusiforme y levemente comprimido lateralmente. Externamente se caracteriza por tener lomos cubiertos de grandes escamas plateadas que adquieren un reflejo color bronce en los flancos. La línea lateral se distingue claramen-



te y se prolonga en la aleta caudal. La aleta dorsal se divide en dos, siendo la segunda mucho más larga que la primera. La boca, ancha y en posición terminal, presenta dientes pequeños y robustos y el interior de la cavidad oral es de color amarillo dorado (de ahí el nombre de «bocca d'oro» que se le da en Italia). Como es característico en todos los esciénidos, sus otolitos son de gran tamaño. La vejiga natatoria presenta varios apéndices ramificados, que constituyen el llamado órgano fonador, los cuales al vibrar producen un gruñido característico por el que son conocidos como «croakers» o roncadores. La corvina presenta un tracto digestivo corto, con una boca grande dotada de afilados dientes y un estómago en forma de saco ciego, típico de peces carnívoros. Presenta sexos separados y su estrategia reproductiva es la de una especie iterópara, ponedora parcial y asincrónica (Gil, 2009). Los datos de que se disponen apuntan a que no existen diferencias de crecimiento entre sexos (González-Quirós *et al.*, 2011). Puede pesar hasta 103 kg (Maigret y Ly, 1986) y medir 230 cm (Quéro y Vayne, 1987).

Capaz de soportar cambios bruscos de salinidad debido a su carácter eurihalino, es una especie semi-pelágica costera con tendencia demersal (Quéro y Vayne, 1997) propia de fondos arenosos, que puede encontrarse tanto en la plataforma continental como cercana a la superficie, dentro de un rango de profundidad entre los 15 y los 200 m. Los juveniles y subadultos se desplazan en pequeños bancos y son comunes en estuarios y zonas costeras de aguas someras (Quéro, 1985; Chao, 1986; Quéro y Vayne, 1987; Griffiths y Heemstra, 1995); los adultos son solitarios o forman pequeños grupos (Quéméner, 2002). Según Tixerant (1974), los ejemplares menores de 30 cm se alimentan principalmente de misidáceos, gambas y pequeños peces demersales. A partir de ese tamaño, su régimen alimenticio se compone principalmente de cefalópodos y peces pelágicos. Varios autores sugieren que la corvina, durante su migración reproductora, se acerca a la costa a mediados de abril, penetrando en los estuarios a mediados de mayo-junio para desovar (migración anádroma) donde forman agregaciones reproductoras (Quero y Vayne, 1987; Quero, 1989; Lagardère y Mariani, 2006; González-Quirós *et al.*, 2011). Durante el invierno, los ejemplares adultos regresan a aguas profundas. La tem-



peratura del agua parece ser el factor más importante que determina la migración y la reproducción de la especie (FAO, 2009).

Estas agrupaciones reproductoras, junto con el hecho de que los machos emiten sonidos característicos durante su época reproductiva, convierten a la corvina en una especie muy vulnerable, objetivo fácil para la pesca. Efectivamente, la corvina presenta una inherente vulnerabilidad biológica, ligada a su gran tamaño, longevidad y reproducción tardía, a la formación de agregaciones reproductoras restringidas a determinadas áreas geográficas y muchas veces cercanas a estuarios y a la producción de sonidos que los hacen particularmente fáciles de localizar en el tiempo y en el espacio (Figura 1) (Sadovy y Cheung, 2003). La reproducción en zonas costeras altamente explotadas y, más aún, su asociación a ambientes estuáricos, muchas veces contaminados, provoca, también, una disminución del reclutamiento de juveniles (Musick *et al.*, 2000). Esta inherente vulnerabilidad biológica, unida a la sobrepesca del recurso, a la ausencia de medidas de manejo y al precio elevado de mercado, favorecen enormemente su rarificación (Sadovy y Cheung, 2003). Además, también es altamente apreciada por los pescadores de recreo (Figura 2) (Chao, 1986). De ahí el alarmante estado de sus pesquerías en el mediterráneo (Quéro, 1989) y en otras áreas del Atlántico Norte, donde se encuentra en peligro crítico de extinción en determinadas zonas, como el Mar Balear o el Mar de Wadden (Mayol *et al.*, 2000; Dulvy *et al.*, 2003). Tampoco se conocen desembarcos de capturas salvajes de la especie en toda la franja del litoral Mediterráneo español, capturándose tan sólo en el Golfo de Cádiz, donde se desembarcan unas 159 t/año (González-Quirós *et al.*, 2011) y en el Golfo de Vizcaya donde el 90 % de las capturas comerciales actuales están por debajo de los 2 kg. Dado el escaso conocimiento biológico que se dispone de la corvina, una especial atención a la gestión pesquera y monitoreo de su biomasa estaría más que justificada, así como la implementación de programas de repoblación de la especie en toda la costa mediterránea española, de forma similar a los que se ejecutan con otros esciénidos como *S. ocellatus*, *C. nebulosus* o *A. nobilis* (Serafy *et al.*, 1999; Drawbridge, 2002).

Las pesquerías a nivel mundial también han entrado en franco declive. Según datos de la FAO, las capturas mundiales de corvina fueron dominadas durante los años 50 por los desembarcos en la zona del



Atlántico norte (España), dándose a partir de 1961 una fuerte disminución de las capturas en esta zona. En 1998, la captura total anual fue de 9 175 t (FAO, 2000), capturando España menos del 1 % de la producción mundial. En 2007, las capturas anuales descendieron a 4 408 t (FAO, 2007). La pesca profesional se practica principalmente con redes de cerco en la época reproductiva, cuando los peces se agrupan en grandes molas, aunque también se captura comercialmente con trasmallos y palangres. Los recreístas la capturan fundamentalmente con curricán de superficie usando cebo vivo (calamar) o señuelos artificiales que simulan un pequeño calamar, y a la cacea de profundidad en fondos rocosos entre 15 y 30 m de fondo (Figura 2).



FIGURA 1.

Desembarco masivo de 40TM de corvinas reproductoras en la lonja de Huelva, capturadas con arte de cerco, en mayo de 2007, por 2 embarcaciones de la zona (Foto: José M. Caraballo).



FIGURA 2.

Captura de corvinas en el año 2007 por buceadores deportivos en Orio (Guipuzkoa) (Foto: Mikel Bergara).



Los esciéndidos son considerados generalmente buenas especies para la acuicultura, ya que están ampliamente distribuidos, y presentan una fecundidad muy alta, crecimiento rápido y buenos índices de conversión (Silberschneider y Gray, 2008). La acuicultura comercial de la corvina es bastante reciente y se remonta a 1996, cuando se obtuvieron los primeros alevines de la especie en Francia (FAO, 2009), y en España ese mismo año se realizaron los primeros ensayos de estabulación y crecimiento en tanques (Calderón *et al.*, 1997). La primera producción comercial fue registrada en Francia en 1997 (FAO, 2009). Pastor *et al.* (2002) obtuvieron excelentes resultados en el engorde en jaulas marinas de juveniles salvajes de corvina de 110 g de peso, alcanzando estos 1 850 g de media en ocho meses alimentados con una dieta a base de pescado. Hasta el momento actual, la producción de alevines de *A. regius* ha sido muy limitada: una única planta de cría establecida en Francia (Les Poissons du Soleil, Inc) ha suplido las necesidades de alevines a las plantas de engorde de Francia, Italia y España hasta el año 2006 (Lazo *et al.*, 2010; Rodríguez, 2006). Actualmente en España, el grupo Conei (actualmente Niordseas, SL) dispone de una producción propia de alevines de corvina (Mateos-Velasco, 2007) y las empresas del sector se encuentran ubicadas principalmente en Cataluña y en el levante español, dedicándose a su crianza en jaulas en mar abierto (Lazo *et al.*, 2010; Rodríguez, 2006). La producción industrial de esta especie se encuentra en aumento: mientras que en el año 2002 era de 231 t distribuidas entre Francia (43 %) e Italia (57 %), en el año 2009 la producción de corvina en Europa ascendió a 3 738 t. Un 77,9 % de esta producción procedía de España, que se sitúa como el principal país productor, seguido de Italia (15 %) y Francia (5,7 %) (FAO, 2002; APROMAR, 2010).

Según datos de APROMAR (2010), la producción de corvina en España ascendió en el 2009 a 1 660 t y su precio medio de lonja fue de 4 euros, superando al precio medio de la dorada (3,75 euros). En poco tiempo, la corvina se ha convertido en la cuarta especie en importancia en la acuicultura marina española de peces, por detrás de la producción de dorada, lubina y rodaballo. Las principales CCAA productoras son Murcia (42 %), Canarias (30 %), la Comunidad Valenciana (27 %) y Cataluña (2 %). El principal freno actual al



aumento de la producción se encuentra en las dificultades de comercialización del producto ya que es un pescado desconocido en la mayoría de los mercados al ser tan reciente su producción acuícola y tan local su comercialización en lonja. Sin embargo, la corvina es un pescado muy apreciado en aquellas regiones donde se consume tradicionalmente y, dada la excelente calidad de su carne y su bajo contenido en grasa muscular (Hernández *et al.*, 2007; García-García, 2007), es muy probable que poco a poco se vaya abriendo un hueco en los mercados. El rendimiento de sus filetes, del 46,5 % (Bykov, 2000), superior al de la lubina (37 %), pero ligeramente inferior al del salmón (52,5 %), y su rápido crecimiento (Pastor *et al.*, 2002), la convierten en una especie idónea para la transformación.

En el año 2005, con la aprobación por parte de JACUMAR del Plan Nacional de Corvina (PLANACOR), cinco centros de investigación del litoral español pertenecientes a las CCAA de Andalucía, Baleares, Canarias, Cataluña y Murcia, comenzaron sus experiencias en reproducción, cría larvaria y engorde de la especie (Cárdenas *et al.*, 2008), lo que dio lugar a un importante avance en los conocimientos de su crianza. Sin embargo, su protocolo óptimo de cría está aún por definir (Angelini *et al.*, 2002; Duncan *et al.*, 2008; Grau *et al.*, 2007; Quèmnèner, 2002).

3.2. CRIANZA

3.2.1. Reproducción y puesta

La crianza de la corvina está en sus comienzos. Hasta el momento, para la obtención de un stock de reproductores, los acuicultores dependen de la captura de ejemplares salvajes del medio natural. Estas capturas se realizan mediante el empleo de almadrabas o redes de cerco y requieren de un delicado manejo para evitar daños a los ejemplares, sobre todo teniendo en cuenta que los reproductores de corvina pesan más de 15 kg. El transporte hasta los centros de cría, generalmente muy alejados de la zona de captura, se realiza con transportes especiales para peces vivos. Se trata de camiones equipados de tanques bien aireados, con soporte de oxígeno y control de los parámetros físico-químicos del agua. Una vez en las instalaciones de



los criaderos los peces son anestesiados con MS 222 (70 ppm) o phenoxietanol (170 ppm), muestreados (talla y peso), marcados mediante microchips tipo PIT para su posterior identificación, tratados contra las infecciones parasitarias mediante 2-3 baños sucesivos de formalina (100 ppm / hora) durante días consecutivos y un baño de recuerdo semanal durante 3 semanas, seguido de un tratamiento de praziquantel (5 mg/kg) suministrado oralmente, como profilaxis contra parasitosis internas y externas. Los reproductores se deben mantener en cuarentena durante 10-14 días para prevenir infecciones no deseadas en la hatchery. Es recomendable tratar las heridas de los reproductores causadas por el manejo con una solución tópica de violeta de genciana (Vigencial®, Cloramivet®), para prevenir infecciones epidérmicas, ya que las escamas de estos peces son extremadamente frágiles y los reproductores presentan ulceraciones epidérmicas rápidamente si el manejo no es delicado. Si el transporte no es correcto, también pueden sobrevenir problemas de hiperinflación de la vejiga natatoria. En tal caso, conviene realizar una punción de la vejiga con una aguja hipodérmica, debajo del agua, para eliminar la sobresaturación de gases. En ambos casos, es recomendable, también, administrar un tratamiento profiláctico de enrofloxacin (10 mg/kg) vía IM, para evitar la propagación de infecciones sistémicas.

Las condiciones físico-químicas de los tanques de cuarentena deben ser: Salinidad ≥ 10 0/00 g/l; oxígeno disuelto ≥ 5 mg/l; concentración de amonio $\leq 1,0$ mg/l; temperatura entre 14 y 24 °C. Es conveniente que los tanques tengan una altura mínima de 1 m y que estén tapados, ya que las corvinas saltan fuera del agua en momentos de estrés.

La alimentación basada en pescado fresco o congelado y calamar es la más apropiada para su adaptación a la cautividad, entre 10-15 días después de su llegada los peces aceptan el alimento (Duncan *et al.*, 2008). Los reproductores son entonces estabulados tanto en grandes tanques de cemento exteriores, como en tanques de PRFV de 10-20 m³ o en jaulas flotantes hasta que se acerca la época de puesta. Son peces tranquilos, a los que les gusta la oscuridad, y que se sitúan en el fondo de los tanques o bolsas de red, lejos de la luz. De manejo fácil, sin embargo son muy sensibles al estrés y a los cambios bruscos de condiciones lumínicas, presentando entonces movimientos incontrolados



que, dada su envergadura, pueden causar la aparición de lesiones epidérmicas.

3.2.2. Puesta en cautividad

Debido a la falta de información sobre la tecnología reproductiva empleada por las escasas empresas que han conseguido la reproducción en cautividad de la corvina, los centros españoles de investigación participantes en el proyecto de investigación «Plan Nacional de Cría de la Corvina (*Argyrosomus regius*)» (PLANACOR) desarrollaron un protocolo de inducción a la puesta siguiendo las experiencias realizadas por Zohar (Zohar *et al.*, 2001) con especies cercanas.

La corvina en libertad se agrupa para reproducirse de mayo a julio, es un típica especie ponedora de primavera que se reproduce cuando el fotoperiodo (12-14,5 horas luz/día) y la temperatura (16-21 °C) aumentan. Presenta sexos separados y nuestros estudios en cautividad revelan que la especie tiene una sex ratio próxima a 1:1 (datos no publicados). La edad de madurez se asume que es de 4-5 años en el medio natural, cuando las hembras alcanzan los 85-86 cm LT (7-7,5 kg) y los machos los 64-70 cm y 4-4,5 kg (Lazo *et al.*, 2010; García-Pacheco y Bruzón, 2009), aunque González-Quirós *et al.* (2011) proponen un rango de tallas inferior para los machos (61,6cm LT), pero superior en las hembras (70-110 cm LT) y una edad aproximada de 6 años. Sin embargo, como señalan también Ortega y de la Gándara (2007), nosotros hemos observado que los machos maduran en cautividad a los 2-3 años (Jiménez *et al.*, 2005) y más de 2 kg de peso (≥ 60 cm LT) y las hembras a los 3-4 años (≥ 65 cm LT), cuando alcanzan un peso superior a los 3 kg. Los machos se muestran fluyentes desde febrero hasta junio, pudiéndose obtener esperma por masaje abdominal. Esta misma precocidad de los machos se ha observado en otras especies de esciénidos, como por ejemplo en *Sciaena umbra* (Grau *et al.*, 2009) o *Umbrina cirrosa* (Mylonas *et al.*, 2000). Ortega y de la Gándara (2007) apuntan a que esta precocidad sexual de los machos conduce a una ralentización de su crecimiento a partir de la pubertad, detectándose que las hembras son mayores que los machos a partir de los 3,5 kg de peso y los 31 meses de edad. Sin embargo, González-Quirós *et al.* (2011), apuntan a que no existen diferencias de crecimiento entre



machos y hembras en el medio natural a partir de los 13 años de edad, aunque un 26 % de los machos son precoces y maduran a los 2-3 años. Nuestros datos apuntan a un enlentecimiento del crecimiento de los machos a partir de los 55-60 cm LT y los 48 meses de edad que debemos confirmar en muestreos posteriores, y que coincidiría con su precocidad sexual (datos no publicados).

Esta especie muestra ausencia de maduración final de los ovocitos en condiciones de confinamiento, la más común de todas las disfunciones reproductivas en especies marinas criadas en cautividad. Los peces que exhiben este tipo de disfunción desarrollan una vitelogénesis normal, pero al comienzo de la temporada reproductora los ovocitos que han completado la vitelogénesis (los llamados ovocitos postvitelogénicos) fallan al no iniciar el proceso de maduración y no son ovulados, convirtiéndose en atrésicos (Mylonas *et al.*, 2000). Hasta el momento, no se ha conseguido la puesta espontánea natural en cautividad. Sin embargo, la corvina tolera bien las condiciones de estabulación, tanto en tanques como en jaulas flotantes, completando el desarrollo gonadal hasta el estadio de vitelogénesis final, lo que permite utilizar los protocolos de inducción a la puesta con efectividad. Los protocolos experimentados con resultados positivos y que actualmente se están utilizando consisten en la utilización de dos metodologías distintas, basadas ambas en la administración de Hormona liberadora de gonadotropina (GnRHa) vía inyección o mediante implantes de microsferas de liberación lenta de la hormona. En ambos casos, previo a la inducción, se examina la madurez de los reproductores, en los machos observando si hay liberación de esperma mediante simple presión abdominal y en las hembras por biopsia ovárica realizada mediante canulación. Ésta se realiza, a través del gonoporo, con un catéter nasogástrico de Levin de 2,67 mm de diámetro previamente untado con un gel lubricante, extrayéndose por suave aspiración una porción (0,1-0,2 g) de tejido ovárico. La observación al microscopio del tejido ovárico inmerso en una solución de CINa al 1 %, permite determinar el diámetro del ovocito. Si la fijación se realiza con líquido de Serra (alcohol etílico/formaldehído/ácido acético, en la proporción 6:3:1) la clarificación de los ovocitos permite evidenciar, además, la posición del núcleo. Si los machos son fluyentes y las hembras presentan ovocitos vitelogénicos $\geq 500 \mu\text{m}$, los



reproductores son inyectados intraperitonealmente (IP) en el abdomen o intramuscularmente (IM) en el lomo, esta última opción si se utilizan implantes hormonales. La inyección IP se suministra en decúbito supino y aproximadamente en la línea media a la altura de la aleta pélvica.

Durante esta operación el pez debe mantenerse invertido y con la cabeza hacia abajo, pero en el interior del baño anestésico, con el fin de evitar que la presión del peso de las vísceras pueda dañar las branquias si se realizan estas maniobras fuera del agua en ejemplares de gran talla, como es el caso de los reproductores de corvina (Figura 3). La aguja debe ser introducida lentamente en dirección craneodorsal debajo de las escamas, procurando atravesar tan sólo el grosor de la pared abdominal; son preferibles las agujas cortas (de 1"), a las con-



FIGURA 3.

Inducción de un ejemplar reproductor de corvina.



vencionales, para evitar puncionar alguna víscera. Antes de extraer la aguja hay que dejarla unos instantes «in situ» para evitar el reflujó del líquido inyectado, a continuación se extrae y se estabula el ejemplar en agua sin anestésico y bien aireada. Durante la ejecución de la maniobra de hormonado de los ejemplares se recomienda aplicar todas las medidas de asepsia posibles (guantes estériles, agujas y jeringas individuales) y limpiar la zona a inyectar con una solución tópicá de povidona yodada, nunca con soluciones alcohólicas, que eliminarían la película mucosa que recubre la epidermis de los peces. La inyección IP de GnRHa es única y la dosis es diferencial en función del sexo (10-20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en las hembras y 5-10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en los machos). Si se administran implantes hormonales, éstos se introducen IM en el lomo, a la altura de la curvatura dorsal, a una dosis de 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para las hembras; los machos son tratados con la mitad de la dosis.

Una única inyección desencadena varias (2-3) puestas consecutivas y los primeros huevos fertilizados se recogen entre 35-40 horas después de la inducción dependiendo de la temperatura del agua. La puesta suele ocurrir durante la noche, con lo que se recogen los huevos fertilizados a primera hora de la mañana, al inicio de la jornada laboral. Sucesivas inyecciones con un intervalo de siete días entre ellas, provocan la misma respuesta. Estudios preliminares sobre la comparación de los dos tipos de inducción en la corvina reflejan un aumento en el % de fertilización, % eclosión y el número de puestas obtenidas utilizando implantes frente a la inyección única (Duncan *et al.*, 2008). La inducción hormonal de la corvina, a diferencia de otras especies como los salmónidos, no precisa de masaje abdominal (stripping) para la extracción del huevo hidratado y del esperma. La fecundación se hace de manera natural en el tanque de reproductores lo cual facilita enormemente la obtención de huevo fecundado y además evita la manipulación excesiva de los ejemplares reproductores. El masaje abdominal provoca un gran estrés en los animales y puede ocasionar lesiones que, en algunos casos, acaban incluso con la muerte de ejemplares muy preciados.

Después de la inducción, machos y hembras son estabulados en tanques de 10-20 m^3 para que realicen la puesta espontáneamente. Estos tanques de reproductores en recirculación o en flujo abierto



continuo deben estar dotados de un sistema para la recogida del huevo fertilizado, normalmente un rebosadero superficial equipado en su salida con un salabre de 500 μm de luz de malla.

El huevo recogido diariamente del salabre se deposita en recipientes de volumen conocido con agua filtrada y esterilizada donde se deja decantar para separar el huevo fertilizado flotante, del inviable que sedimenta en el fondo. Las estimaciones de la calidad de las puestas, independientemente del sistema de inducción empleado, se realizan por métodos volumétricos, una serie de muestras de volumen conocido son extraídas y contadas determinándose la media del número de huevos por ml, dato que mediante extrapolación nos proporcionará el número total de huevos recogidos.

Los parámetros comúnmente utilizados para determinar la calidad de las puestas son los siguientes:

Tasa de fertilización real (RFR): $\text{n.}^\circ \text{ de huevos fecundados} \times \text{huevos puestos}^{-1} \times 100$

Tasa de fertilización aparente (AFR): $\text{n.}^\circ \text{ huevos fecundados} - \text{huevos muertos durante la incubación} \times \text{n.}^\circ \text{ de huevos flotantes}^{-1} \times 100$

Tasa de Eclosión aparente (AHR): $\text{n.}^\circ \text{ larvas eclosionadas} \times \text{n.}^\circ \text{ huevos fecundados}^{-1} \times 100$

3.2.3. Cría larvaria

El huevo de la corvina, obtenido mediante inducción hormonal, es translúcido, flotante, con un diámetro medio de $904 \pm 49 \mu\text{m}$ y múltiples gotas de grasa (Figura 4) que en estadio embrión se unen para formar una única gota lipídica. (Figura 5).

Las puestas escogidas para ser incubadas son separadas y desinfectadas mediante una solución de yodóforos al 1 % durante 10 minutos antes de transferirse a los tanques de incubación. Estos tanques troncocónicos de volumen variable, se mantienen en circuito abierto a temperatura entre 18-22 $^\circ\text{C}$ y 35-37 ‰ de salinidad, con una aireación moderada para mantener el delicado huevo en suspensión sin dañarlo. La eclosión tiene lugar en 24-27 horas a 20 $^\circ\text{C}$. La longitud de la larva recién eclosionada (Figura 6) es de $2\,220,5 \pm 0,022 \mu\text{m}$. Son flotantes, transparentes, con numerosos cromatóforos y contienen una sola gota de grasa ($219,5 \pm 0,00 \mu\text{m}$) situada en el extremo

FIGURA 4.
Huevos de corvina con múltiples gotas de grasa, recién recogidos del salobre.

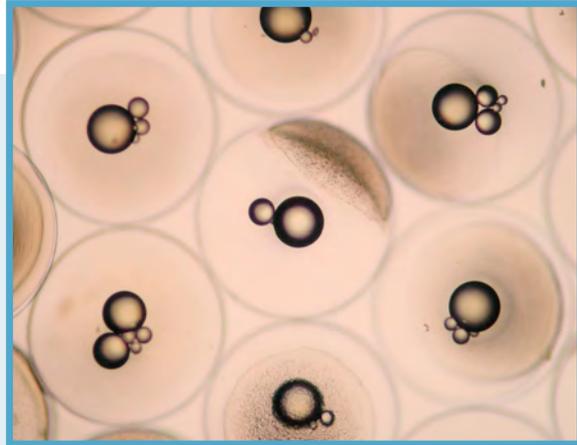
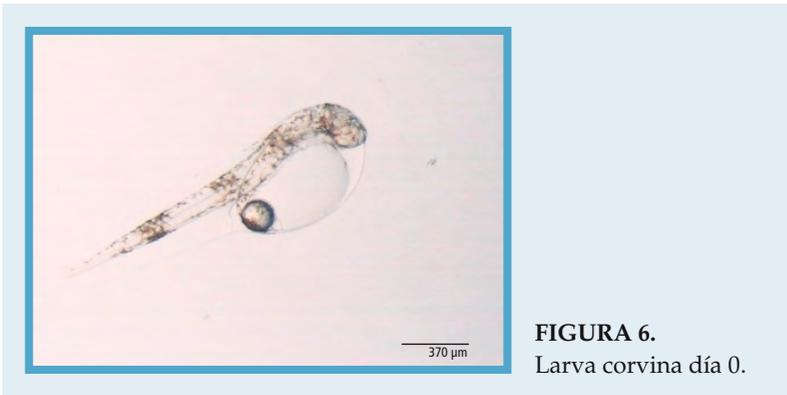


FIGURA 5.
Huevos de corvina embrionados donde se observa que las gotas de grasa se han unido formando una única gota lipídica.



posterior del saco vitelino ($1\ 137 \pm 0,057\ \mu\text{m}$). El cuerpo de la larva está rodeado por la aleta primordial y el digestivo tiene un bucle y no está abierto al exterior.

Después de 24 horas, los otolitos son claramente visibles, la larva ha consumido ya la mitad del saco vitelino y los ojos están claramente diferenciados. El segundo día después de la eclosión (DDE) el saco vitelino está prácticamente reabsorbido, el digestivo se abre al exte-



rior a través del ano y la boca se comienza a abrir, aunque aún sin movimiento y la larva crece rápidamente a expensas del saco vitelino hasta los $3\,300 \pm 0,009 \mu\text{m}$ de longitud. El tercer DDE la boca ya se mueve y se pueden observar rotíferos en el interior del tubo digestivo de algunos individuos. Las aletas pectorales comienzan a crecer el cuarto DDE, a la vez que aparecen las espinas operculares, y la vejiga natatoria se observa a partir del quinto DDE, siendo el día 13 DDE funcional en el 90 % de las larvas. El 15 DDE comienza la flexión de la notocorda y la diferenciación y segmentación de los radios de la aleta caudal. A partir del día 22 y hasta el día 30-35 DDE, en que se completa la metamorfosis, se observa la diferenciación y segmentación de los radios de las aletas dorsal y ventral, la diferenciación de las escamas y la pigmentación de la larva (Cruz *et al.*, 2007). Al concluir la metamorfosis los juveniles miden 13 mm y se alimentan ya de dietas secas.

La producción de alevines de corvina puede dividirse en dos fases, la primera comprendería la fase de alimentación con presas vivas desde la apertura de la boca, el día 3 DDE, hasta el destete y metamorfosis de la larva, que ocurre el día 35 DDE. En esta fase, las larvas son transferidas desde los tanques de incubación de huevo a los tanques de cría larvaria, generalmente circulares, de fibra de vidrio y volúmenes entre 1 y 5 m³, similares a los utilizados para la cría de dorada y lubina. La densidad de siembra óptima es de 25-50 larvas/l. Varios estudios demuestran que una mayor den-

sidad larvaria inicial afecta negativamente al crecimiento, aunque no a la supervivencia de la larva de corvina y que densidades altas aumentan considerablemente la dispersión de tallas (Figura 7) dentro del tanque, facilitando la aparición de canibalismo (Estévez *et al.*, 2007; Roo *et al.*, 2007). Como ya es común en la zootecnia de cría de numerosas especies, los tanques están equipados con limpiadores y desagües de superficie («Skimmers») para eliminar la película de grasa que se forma en la superficie del agua y prevenir el buen desarrollo de la vejiga natatoria en las larvas. Desde el día 3 hasta el día 7 los tanques reciben un flujo lento continuo de agua esterilizada mediante radiación UV y filtrada a 1 μm que permite una renovación del 25 % del agua del tanque en 24 horas y el caudal se va incrementado a medida que avanza el cultivo. Durante esta fase, la temperatura oscila entre 18-20 °C y al día 35-37 de edad, cuando ya todas las larvas se han metamorfoseado y nadan en el fondo del tanque, se realiza el despesque y recuento de los individuos, transfiriéndolos a tanques de mayor tamaño (10-20 m³).



FIGURA 6.
Dispersión de tallas en el tanque larvario a los 25 DDE.



3.2.4. Pre-engorde

La segunda fase comienza en este momento y corresponde a la fase de «nursery» o pre-engorde, hasta que los alevines alcanzan los 3-5 g de peso y son trasladados a las unidades de engorde, ya sean jaulas en el mar o tanques en tierra. La corvina admite cargas elevadas en los tanques de nursery (10-20 kg /m³) y acepta rápidamente las dietas inertes. Durante este período, la temperatura suele ser de 18-22 °C y la salinidad del 35-37 ‰. Igual que en otras especies de crecimiento rápido, como la lubina (*Dicentrarchus labrax*) o el dentón (*Dentex dentex*), se observa una gran dispersión de tallas que se acrecienta a partir del suministro de alimento inerte, por lo que es necesaria una selección por tamaños para obtener un crecimiento homogéneo de los lotes de alevines y al mismo tiempo disminuir la mortalidad debida al canibalismo.

3.2.5. Alimentación larvaria

El protocolo de alimentación larvaria de la corvina, como especie nueva, sigue las pautas empleadas en la cría de la dorada, basadas en la utilización como presas vivas del rotífero *Brachionus sp.* y del braquiópodo *Artemia salina*. El suministro de alimentación a los tanques de cría comienza el día 2 DDE; desde ese momento, hasta el día 16 DDE, las larvas son alimentadas con rotífero (*Brachionus sp.*) cultivado con levadura y enriquecido con enriquecedores comerciales de alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (HUFAs), a una densidad entre 5-10 individuos ml⁻¹. Durante toda la fase de alimentación con rotífero, se añade fitoplancton fresco o liofilizado (*Nannocloropsis gaditana*, *Isochrysis galbana*, etc.) al agua del tanque larvario, a una concentración de 100 000-300 000 cel ml⁻¹ con objeto de conseguir aguas verdes y mantener la calidad del alimento. La larva de corvina es muy voraz y crece rápidamente, por lo que se debe estimar la densidad de presas en el tanque dos veces al día y ajustar ésta a la concentración determinada en cada fase del cultivo. A partir del día 8 de edad se complementa la alimentación con nauplius de *Artemia salina* (1-2 ind ml⁻¹) con un elevado contenido en ácidos grasos 20:5 n-3 que son sustituidos progresivamente por metanauplius de *Artemia* de cepas de menor calidad, previamente enriquecidos en HUFAs durante



24-48 horas, a la vez que se va eliminando el rotífero de la dieta. La concentración de *Artemia* ofrecida a las larvas se ajusta según evoluciona el comportamiento alimenticio de éstas. Entre los 20-23 DDE comienza el suministro de piensos de destete o microdietas, con un tamaño de partícula entre 150 y 350 μm , que se va incrementando a medida que los animales crecen; son partículas extrusionadas de alto contenido en energía (19,3 MJ/kg) y una flotabilidad elevada, con una composición analítica rica en proteínas de alta calidad (60 %) y baja en lípidos (15 %), complementada con altos niveles de vitaminas C, D y betaglucanos. Las tasas de alimentación en esta fase varían entre el 2-7 % del peso corporal. A los 30 DDE el 90 % de las larvas ya se han metamorfoseado a juveniles, presentando las características de un adulto. La alimentación inerte se distribuye generalmente mediante comederos automáticos programados para suministrar el alimento a intervalos regulares durante un período de tiempo elevado (16-18 hd^{-1}); una distribución regular de alimento es importante para reducir el riesgo de que se den altos niveles de canibalismo.

Se han realizado varios estudios con el objetivo principal de reducir la dependencia del alimento vivo en esta especie, co-alimentando con microdietas a partir del 15 DDE (Hernández-Cruz *et al.*, 2007) o reemplazando completamente la *Artemia* por microdietas (Durán *et al.*, 2009). En ambos casos se observa que, la sustitución completa de la *Artemia* o la co-alimentación temprana, se traducen en una ligera disminución del crecimiento en longitud y peso de las larvas, pero éstas aceptan fácilmente la alimentación inerte. Esto podría traducirse, en el ámbito de la comercialización de la especie y de su producción a gran escala, en una reducción importante de los requerimientos de alimento vivo y, por tanto, de los costes de producción, evitando, además, la dependencia de su cría larvaria del suministro de cistes de *Artemia salina*, de coste cada vez más elevado y de disponibilidad fluctuante.

3.2.6. Crecimiento y supervivencia

Uno de los factores importantes en la cría y pre-engorde de la corvina lo representa el hecho de que desde la puesta en mayo (17 °C en el Mar Balear) hasta el comienzo de la fase de engorde, en agosto-septiembre (26-28 °C), las temperaturas ambientales son idóneas para

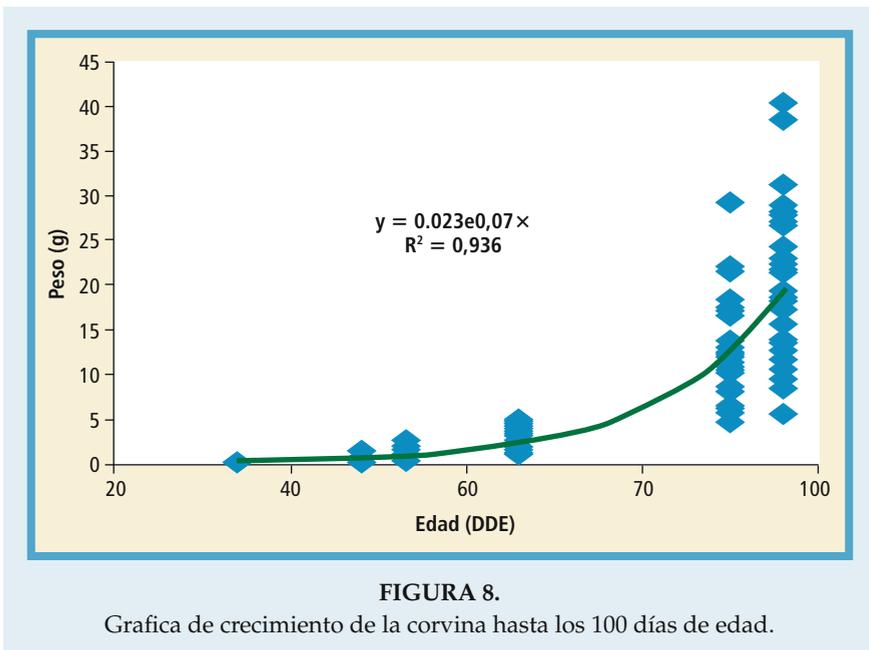


un crecimiento óptimo, favoreciendo las elevadas tasas de crecimiento en peso, intrínsecas de la especie y que el período de pre-engorde sea muy corto. Es, por tanto, una especie idónea para ser criada en todo el Mediterráneo y Sur-Atlántico español, así como en las cálidas aguas de las Islas Canarias. En 65 días alcanzan una talla media de 55 mm y un peso de 2,0 g, lo que permite su traslado temprano a las estructuras de pre-engorde en tierra o directamente a las jaulas de engorde en el mar. Los alevines de dorada o lubina en óptimas condiciones de cría no alcanzan esta talla hasta los 90-120 días de edad (Coves *et al.*, 1991), lo que supone una gran ventaja de esta especie frente a las otras especies de crianza mediterráneas a la hora de la planificación y el aprovechamiento del espacio en los criaderos. Debido a la fase preliminar en que se encuentran los estudios de cría de la corvina, los datos de supervivencia a los 30 días son aún muy variables: distintos estudios en diferentes centros muestran resultados tan dispares como los 11,7 % y el 24,75 % obtenidos por Duran *et al.* (2009), con dos densidades de cultivo distintas (50 y 25 larvas/l) en tanques de 1 m³ o los 51 %, conseguida por Roo *et al.* (2007) en pruebas experimentales realizadas en tanques de 0,2 m³, con densidades de 100 larvas/l. Esta gran dispersión en los resultados obtenidos se debe a la falta, aún, de un protocolo de cría definido para la especie, tanto desde el punto de vista de la zootecnia como en la determinación de los requerimientos nutricionales para la obtención de alevines de buena calidad y de crecimiento homogéneo. Además, los alevines de corvina son tranquilos, con un bajo comportamiento agonístico y los ataques entre individuos de tallas similares son prácticamente inexistentes. Sin embargo presenta un alto grado de dispersión en el crecimiento que conlleva a episodios de canibalismo moderado, en caso de no separarse los individuos mayores: tanto es así que un 0,2 % de los individuos despescados de los tanques de nursery con 65 días de edad son 6 veces mayores (Px: 12,4 g) que la media del resto de los individuos del tanque (2,12 g) (observación personal.)

El elevado crecimiento de la corvina observado en la cría larvaria continúa durante la fase de pre-engorde: desde un peso inicial de 2 g a los 65 días, los juveniles estabulados en jaulas flotantes crecen hasta los 20 g en cuatro semanas. Las temperaturas del agua de mar duran-

te los meses de verano son elevadas (27-28 °C en la costa mediterránea española, 24-25 °C en el suratlántico español y 26 °C en las Islas Canarias) favoreciendo altas tasas de crecimiento durante el preengorde: SGR: 6,8 % en las instalaciones del «Laboratori d’Investigacions Marines i Aquicultura» (LIMIA) (Pastor, datos no publicados).

Así pues, en lo que concierne a la cría larvaria y a la fase de preengorde, la corvina completa gran número de requisitos para ser una especie potencialmente producible a gran escala: tasas de crecimiento muy elevadas, bajos índices de conversión del alimento, aceptación de dietas inertes industriales a los 15 DDE, altas tasas de supervivencia, comportamiento no agresivo, manejo sencillo sin necesidad de anestesiar los animales, temperaturas ambientales óptimas en todo el litoral mediterráneo y el sur-atlántico español durante las fases de cría larvaria y pre-engorde, lo cual reduce los gastos de atemperamiento del agua necesarios en otras especies como la dorada o la lubina y facilita el manejo de las instalaciones. La Figura 8, muestra el crecimiento en peso de la corvina hasta los 100 días de edad.



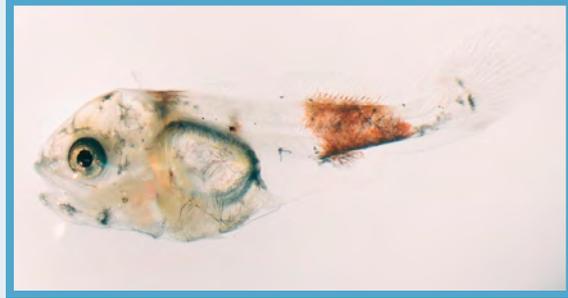


3.2.7. Problemas de su cría larvaria

La crianza de la corvina, a pesar de ser tan reciente y de la escasa experimentación realizada que ayude a determinar los protocolos idóneos, tanto zootécnicos como de requerimientos nutricionales, presenta pocos problemas para obtener unos resultados aceptables para cualquier empresa de acuicultura. Las técnicas de cría, los elevados índices de supervivencia y el rápido crecimiento comentados anteriormente la hacen atractiva para las empresas del sector que se dedican a la comercialización de alevines.

Una de las pocas patologías descritas en la escasa bibliografía existente sobre su cría larvaria es la hiperinflación de la vejiga natatoria. En todos los centros de investigación españoles participantes en el PLANACOR se observó hiperinflación de la vejiga natatoria en las larvas a partir del día 8-15 DDE: el tanto por ciento de individuos afectados es muy variable y varía no sólo entre los distintos centros de investigación participantes, sino también según los diferentes experimentos de cría larvaria ejecutados dentro de un mismo centro. Esta patología provoca que las larvas que la padecen floten en superficie nadando de costado y con el abdomen hinchado, sin poder alimentarse, debilitándose progresivamente hasta que mueren (Figura 9). Varios motivos están descritos en diferentes especies como los causantes de esta patología, siendo el estrés de los individuos la causa más comúnmente citada, atribuido inicialmente a la alta densidad larvaria en los tanques de cría. Sin embargo, al realizarse los estudios de densidad larvaria, se observan las mismas proporciones de larvas con hiperinflación a distintas densidades (Pastor, observación personal). Recientes estudios de Valles y Estévez (2009), determinan una relación directa entre la tasa de supervivencia de corvina y el fotoperiodo empleado: fotoperiodos con mayor número de horas de luz dan una menor supervivencia, que se atribuye a una mayor incidencia de larvas con hiperinflación de la vejiga. También se han relacionado las altas mortalidades larvarias atribuibles a esta patología con una introducción temprana de la *Artemia* en la secuencia alimentaria establecida en el protocolo de cría (Roo *et al.*, 2010), como consecuencia de la alta carga bacteriana asociada a este alimento vivo. Efectivamente, frotis realizados a larvas afectadas por hiperinflación y teñidos con coloran-

FIGURA 9.
Larva de
17 días con
hiperinflación
de la vejiga de
los gases.

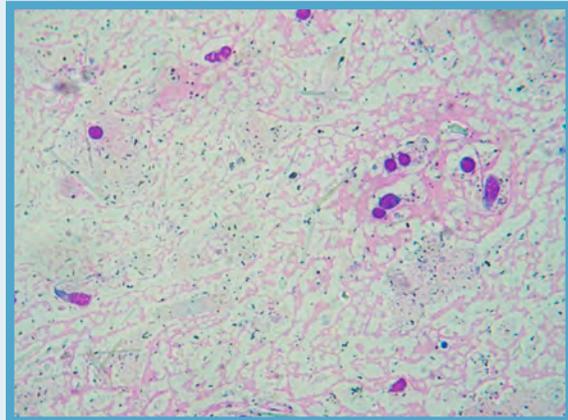


tes vitales (tinción modificada de Wright-Giemsa o Diff Quick®) (Figura 10) muestran una alta concentración bacteriana. Sin embargo los actuales conocimientos, aún hacen difícil configurar una relación clara de esta patología con las condiciones de la cría.

3.2.8. Engorde

La corvina se adapta a las instalaciones tradicionales de engorde, pudiéndose criar tanto en jaulas flotantes como en tanques en tierra, en condiciones intensivas, o también en régimen semi-intensivo o extensivo en estanques y esteros (Pastor *et al.*, 2002, 2008; Poli *et al.*, 2003; El-Shebly *et al.*, 2007; Muñoz *et al.*, 2008; Piccolo *et al.*, 2008)

FIGURA 10.
Bacilos cortos,
visibles en un
frotis teñido
con diff-quick





(Tabla I). Su crecimiento es muy elevado: los juveniles capturados del medio natural con 110 g y alimentados con pescado, pueden alcanzar los 1 850 g en 8 meses de engorde semi-intensivo en jaulas en el Mediterráneo Occidental (Pastor *et al.*, 2002) y los 1 200 g en menos de 24 meses en el norte del Mediterráneo, alimentados con pienso, con una carga final de 50 kg/m³ (Lazo *et al.*, 2010). Como aparece reflejado en la Tabla I el factor de conversión del alimento en engorde en jaulas marinas puede llegar a ser de de 2,48. Esta especie presenta un comportamiento tranquilo y un fácil manejo, adaptándose perfectamente a las condiciones de cautividad, sin presentar manifestaciones patológicas relevantes durante el engorde (Pastor *et al.*, 2002). Sin embargo, demuestra una peor adaptación al engorde en tanques, ya que a pesar de obtenerse buenos índices de crecimiento en este tipo de instalaciones, las corvinas se muestran excitadas y se adaptan peor a la alimentación inerte (Pastor *et al.*, 2002). Quizás esta diferencia de comportamiento se deba a que prefieren la oscuridad: se sitúan en las zonas más sombreadas de los tanques, y en el fondo de la bolsa de red de las jaulas flotantes, lejos de la luz, formando molas de movimientos muy lentos circulares. De ahí que sean presas fáciles de aves acuáticas como los cormoranes, las gaviotas y las garzas, cuando son alevines, por lo que es aconsejable instalar estructuras adecuadas para evitar o minimizar la predación por estos animales, cuando se estabulan en jaulas, principalmente en las fases iniciales del engorde (Pastor *et al.*, 2008). Al ser una especie euritérmica y eurihalina, presenta una alta capacidad de adaptación a condiciones ambientales muy variables (Quéméner, 2002), ofreciendo buenos crecimientos a partir de los 17 °C (Lazo *et al.*, 2010). Soporta perfectamente las altas temperaturas que se dan en verano en el clima mediterráneo, obteniéndose (en nuestras instalaciones) una SGR con pienso extrusionado de 1,3 y con pienso semi-húmedo de 1,8 a temperaturas medias de 26-28 °C (Grau, datos no publicados). También se adapta sin problema a condiciones de salinidad baja, entre 7 y 18 ppt, obteniéndose incluso mayores rendimientos en engorde que a salinidad normal (35-37 ppt) (Muñoz *et al.*, 2008).

La corvina acepta bien la alimentación inerte y actualmente se disponen de piensos comerciales cuyo contenido en proteína (PB) oscila

entre 52-47 % y el de lípidos (GB), entre 16-20 %. El contenido ideal en GB es del 17 %, ya que tanto valores superiores como inferiores en GB repercuten en un menor crecimiento, en un peor índice de conversión y también de eficiencia proteica (Chatzifotis *et al.*, 2010). La tasa óptima de alimentación es del 1-1,75 % (Rodríguez-Rúa *et al.*, 2009; Velasco *et al.*, 2009), siendo las tasas óptimas de ingesta proteica del 0,53 g proteína/100 g pez y día y de ingesta energética de 0,22 KJ/100 g pez y día (Velasco *et al.*, 2009). Si a la corvina se le suministra una dieta hipercalórica, con un contenido en GB superior al 17 %, el contenido de lípidos del filete, así como el contenido en grasa mesentérica sigue siendo inusualmente bajo comparado con el de otros peces de crianza, (Poli *et al.*, 2003; Piccolo *et al.*, 2008; García-Mesa *et al.*, 2009). Estudios recientes han determinado que se puede incluir en la dieta hasta un 76 % de proteína vegetal sobre el total del contenido

TABLA I.

Resultados de engorde de corvina bajo diferentes sistemas de estabulación.

Producción	Tanques	Estanques		Jaulas			
		Extensivo	Semi-intensivo	Semi-intensivo			
Alimento	Pienso	Pienso	Pienso	Pescado	Semihúmedo	Pienso	Pienso
Carga (inicial-final Kg/m ³)	25-44	0,006-0,3	0,05-1,97	0,46-7,7	0,99-7,9	0,99-6,08	0,15-9,8
Meses	24	13	21	8	8	8	15
Temperatura (°C)	17,2-28,6	15-32	13-26	15-27	15-27	15-27	8,5-26,5
Salinidad (‰)	36-37	13-18,2	7-18	37	37	37	31-38
Nº Peces	34 000	2 000	3 000	50	90	90	—
Peso inicial (g)	88,8	17,7	21,5	110	88	88	12,8
Peso final (g)	935,5	1 014	822,4	1 850	699,3	540,7	840,4
SGR (%/día)	0,46	1,04	0,92	1,17	0,92	0,80	0,93
FCR	—	3,0	—	2,73	4,15	2,48	—
Referencia	Poli <i>et al.</i> (2003)	El-Shebly <i>et al.</i> (2007)	Muñoz <i>et al.</i> (2008)	Pastor <i>et al.</i> (2002)	Limia (datos no publicados)	Limia (datos no publicados)	Piccolo <i>et al.</i> (2008)



proteico, sin afectar al crecimiento, ni al estado inmunitario, ni a la utilización de la dieta (Estévez *et al.*, 2010).

En cuanto a su calidad nutricional, el contenido en grasa del filete de corvina de crianza es inusualmente bajo y similar al que presenta el filete de corvina salvaje (Poli *et al.*, 2003; Piccolo *et al.*, 2008): oscila entre 0,31-3,9 %, siendo el contenido en grasa mayor en peces de mayor talla (García-Mesa *et al.*, 2009; Panagiotidou *et al.*, 2007; Piccolo *et al.*, 2008; Poli *et al.*, 2003; Hernández y García-García, 2007). El contenido en grasa intraperitoneal es también extraordinariamente bajo, alrededor de un 0,4-0,9 % (Poli *et al.*, 2003; Hernández y Gací-García, 2007). En comparación, la lubina y la dorada de crianza presentan un contenido en grasa de 2 a 5 veces superior al que presenta el filete de corvina (Poli *et al.*, 2003). El balance en el contenido de ácidos grasos del filete de corvina determina unos índices aterogénico y trombogénico muy bajos (Poli *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2007; Piccolo *et al.*, 2008). Los filetes pueden conservarse en hielo sin una significativa pérdida de sus características sensoriales durante más de 11 días, pudiéndose considerar frescos durante 18 días de conservación (Hernández *et al.*, 2009). Todas estas características hacen que el filete de corvina presente un alto valor dietético y pueden influir en la creación de una imagen positiva frente a los consumidores (Lazo *et al.*, 2010).

3.2.9. Condiciones de manejo

Debido a las características de esta especie, ya señaladas anteriormente, como su docilidad, fácil manejo, y buena adaptación a las condiciones de estabulación, la corvina puede ser sometida a todas las operaciones habituales de una granja marina (clasificar, bombear, cambios de red, conteos, muestreos, etc.) teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Es muy sensible al estrés y sus escamas y aletas son frágiles, pudiéndose producir ulceraciones epidérmicas si las operaciones de manejo no se realizan con el cuidado necesario y picos de mortalidad por manipulaciones poco delicadas (levantamiento y cambios de redes, clasificaciones...). Por ello, deben evitarse las elevadas concentraciones de peces en la red, que provocan daños e incluso pérdida de aletas y descamaciones epidérmicas. Durante las operaciones de inducción a



la puesta, es aconsejable cubrir a los reproductores con un paño mojado en una dilución salina de povidona iodada o incluso realizar las tareas de canulación ovárica e inyección-implantación hormonal dentro de los tanques de sedación una vez que los animales están anestesiados, ya que debido a su gran tamaño y su potencia, son más difíciles de manipular fuera del agua, (Figura 3) que manteniéndolos semisumergidas a flote.

Es muy sensible a la luz: los cambios bruscos de luminosidad la alteran y deben evitarse, ya que provocan en ellas movimientos bruscos que le pueden ocasionar daños durante las operaciones de manejo. Por este motivo, durante la inducción hormonal a la puesta, también conviene cubrir la cabeza de los reproductores con un paño mojado en agua salada.

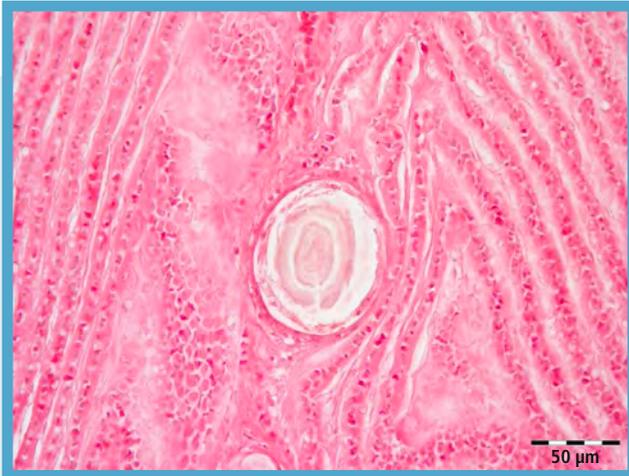
Al ser un pez de movimientos muy lentos y que se sitúa muy cerca de la bolsa de red, se debe vigilar la predación por aves acuáticas en las fases iniciales de engorde en jaulas marinas, adaptando el tamaño de la luz de la red al tamaño del pez y a la carga e instalando dispositivos que minimicen la predación.

Otro factor a tener en cuenta es que las concentraciones de anestésico deben reducirse en un 30 % respecto a las dosis habituales y vigilar cuidadosamente el estado de sedación durante las manipulaciones.

3.2.10. Patologías durante la crianza

La corvina es una especie extraordinariamente resistente a las enfermedades: en el LIMIA, durante los 10 años de experiencia en la cría y engorde de la especie, no se han observado manifestaciones patológicas relevantes, ni mortalidades elevadas en engorde, lo que demuestra la excelente adaptación de la corvina a la cautividad y su robustez. Sólo se han detectado, de forma fortuita y sin causar sintomatología aparente, granulomas de etiología no-infecciosa localizados fundamentalmente en la pseudobranquia y que podrían atribuirse a granulomatosis sistémica de la corvina (ver más adelante) (Figura 11).

Hay pocos datos con respecto a enfermedades en esta especie. Se han descrito infecciones bacterianas por *Vibrio anguillarum*, que causan pérdida de apetito y enrojecimiento de las aletas, así como infecciones por *Amyloodinium ocellatum*, que causan asfixia e hipermuco-

**FIGURA 11.**

Granuloma localizado en la pseudobranchia de corvinas criadas en el LIMIA en el curso de muestreos histológicos rutinarios. Los ejemplares afectados no manifestaban ninguna sintomatología adversa.

sis (FAO, 2006). También se describen infestaciones branquiales parasitarias causadas por diferentes trematodos: *Gyrodactylus* sp., *Benedenia sciaenae*, *Calceostoma* sp., *Sciaenocotyle pancerii*, que causan irritación branquial, asfixia e hipermucosis (Duncan *et al.*, 2008; Toksen *et al.*, 2007; Ternengo *et al.*, 2010). La prevención de todas estas enfermedades se logra principalmente controlando la densidad y la calidad del agua. Se ha descrito que la efectividad del tratamiento con peróxido de hidrógeno (300 ppm, 15 min) es del 98,25 % en el caso de los trematodos branquiales de corvina (Toksen *et al.*, 2006).

La única patología relevante que se observa en esta especie es la denominada granulomatosis sistémica de la corvina, de origen nutricional y similar a la granulomatosis sistémica de la dorada, probablemente ligada a carencias vitamínicas de la dieta, fundamentalmente de vitamina C y del complejo vitamínico B (Guittino *et al.*, 2004). Esta enfermedad de carácter nutricional se caracteriza por la observación a la necropsia de exoftalmia, queratitis y cataratas oculares acompañadas de ulceraciones y equimosis cutáneas asociadas a la presencia de nódulos epidérmicos. El examen interno de los órganos revela la presencia de granulomas sistémicos blanquecinos de dimensiones variables diseminados por el riñón, hígado, bazo, y corazón. El examen



histológico de las lesiones revela la presencia de formaciones cristalinas a modo de agujas en el centro de los nódulos (Guittino *et al.*, 2004). Se han descrito micosis fúngicas secundarias asociadas a esta enfermedad causadas por el hongo *Penicillium digitatum*, considerado habitualmente como integrante de la flora saprófita acuática, que cursan con ulceraciones epidérmicas en vientres y aletas y la aparición de lesiones nodulares en riñón, hígado, corazón y bazo, en corvinas criadas en régimen intensivo de engorde en tanques y debilitadas por la granulomatosis nutricional (Manuali *et al.*, 2005).

3.2.11. Perspectivas de la crianza

Como señala Mateos Velasco (2007) la acuicultura de aguas templadas necesitaba una nueva especie que contribuyera a diversificar el sector, ya que el mercado de lubina y dorada se encontraba estancado. La corvina, sin lugar a dudas, reúne los principales requisitos para ser esa nueva especie de crianza que, como apuntaba Mateos Velasco (2007), serían los siguientes: la cría larvaria se realiza aplicando las mismas técnicas existentes, presenta un mayor crecimiento que las especies de crianza tradicionales, mejores índices de conversión y un excelente rendimiento del filete que permite un procesado con bajas pérdidas, así como una inmejorable calidad de su carne.

Sin embargo, no es una especie conocida por el consumidor a gran escala y sólo es apreciada en aquellos lugares en que se consume de manera tradicional, y aquí se encuentra la principal limitación al aumento de su producción: **La corvina necesitaría una campaña de promoción a gran escala a nivel estatal** como apoyo a su introducción en el mercado, para que su demanda creciera y de esta manera, su producción fuera en aumento. Otra limitación a su desarrollo comercial se debe a la competencia con la lubina en el sector de la comercialización de los productos de acuicultura, ya que la población consumidora a veces confunde ambas especies, al presentar cierto parecido morfológico y al ser la corvina tan poco conocida. Sin embargo, la corvina crece más rápido y puede alcanzar tallas mayores, con lo cual podrían ocupar diferentes segmentos comerciales y se podría obtener una marca identitaria de la corvina de crianza, cuyo tamaño de venta podría ser mayor que el de la dorada o la lubina. Este tama-



ño superior de crianza favorecería su introducción en el mercado fileteada, ofreciendo al comprador un nuevo mercado de productos elaborados.

Otro de los cuellos de botella que presenta su crianza es el desconocimiento científico que se tiene de la corvina: Se conocen pocos datos referentes a su biología, su etiología y su comportamiento reproductor. Deberían mejorarse las técnicas de reproducción de la especie en cautividad en base a un mayor esfuerzo científico, y una mejora de las técnicas de cría y engorde también contribuirá a un aumento de los rendimientos comerciales. Además, los esfuerzos científicos deberían concentrarse también en profundizar en la selección genética de reproductores con baja consanguinidad a partir de la progenie, debido a la dificultad en obtener reproductores del medio natural por el declive de sus pesquerías a escala mundial.

A modo de conclusión, podemos afirmar que la corvina presenta un potencial acuícola innegable, pero debe resolver ciertos problemas tecnológicos de producción y de comercialización para aumentar su cuota de mercado.

3.3. AGRADECIMIENTOS

A María del Mar Gil y a Juana Durán, por su dedicación y su paciencia, así como por la ayuda prestada en el tratamiento de los datos no publicados y a los demás compañeros del LIMIA, por su apoyo prestado en todas las operaciones de manejo de la especie.

3.4. BIBLIOGRAFÍA

- ANGELINI M., GILMOZZI M., LANARI D. y GIORNI G. 2002. Allevamento dell'ombrina bocca d'oro, *Argyrosomus regius* (Asso). En: *Ricerca per lo sviluppo dell'acquacoltura toscana. Risultati conseguiti.*, pp. 13-38. ARSIA *Pubblicazione Speciale. Associazione Piscicoltori Italiani*, Cierre Grafica, Verona, Italy.
- APROMAR. 2010. La acuicultura marina de peces en España 2010. 69 pp.
- Asso I. 1801. Introducción á la ichthyologia oriental de España. *An. Cienc. Nat. Inst. José Acosta*, Madrid, 4 (10): 28-52, Pls. 34-35.



- BYKOV V.P. 2000. *Chemical Composition and Processing Properties of Marine and Ocean Fishes: Handbook. M. VNIRO. Moscú, 376 pp.*
- CALDERÓN J.A., ESTEBAN J.C., CARRASCOSA M.A., RUIZ P.L. y VALERA F. 1997. Estabulación y crecimiento en cautividad de un lote de reproductores de corvina (*Argyrosomus regius*, (A). En: *Actas del «VI Congreso Nacional de Acuicultura»*, pp. 365-370. Cartagena 9-11 julio 1997.
- CÁRDENAS S., DUNCAN N., PASTOR E., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., RODRÍGUEZ-RÚA A., ESTÉVEZ A., GRAU A. y SCHUCHARDT D. 2008. Meagre (*Argyrosomus regius*) broodstock management in the Spanish RyD Project PLANACOR (JACUMAR). *European Aquaculture Society Special Publication*, 37: 126-127.
- CHAO L.N. 1986. Sciaenidae. En: *Fishes of the Eastern Atlantic and Mediterranean*. En: Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C. y Tortonese E. pp: 865-874. UNESCO, Paris, France.
- CHATZIFOTIS S., PANAGIOTIDOU M., PAPAIOANNOU N., PAVLIDIS M., NENGAS I. y MYLONAS C.C. 2010. Effect of dietary lipids levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. *Aquaculture*, 307: 65-70.
- COVES D., DEWAVRIN G., BREUIL G. y DEVAUCHELLE N. 1991. En: *Handbook of Maricultur. Finfish Aquaculture*. CRC press .Vol. II pp 3-20.
- CRUZ W., GRAU A., PASTOR E., CRESPO S. y SALA R. 2007. Desarrollo ontogénico de la larva de corvina (*Argyrosomus regius*): estudio preliminar. En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 735-738. Vigo 24-28 sept. 2007.
- DRAWBRIDGE, M.A. 2002. The role of aquaculture in the restoration of costal fisheries. En: *Ecological Aquaculture, The Evolution of the Blue Revolution* (Costa-Pierce, B., Ed.). Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 314-336.
- DULVY N.K., SADOVY Y. y REYNOLDS J.D. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries*, 4: 25-64.
- DUNCAN N., ESTÉVEZ A., PADROS F., AGUILERA C., MONTERO F.E., NORAMBUENA F., CARAZO I., CARBÓ R. y MYLONAS C. 2008. Acclimation to captivity and GnRH α -induced spawning of meagre (*Argyrosomus regius*). *Cybium*, 32: 332-333.
- DURÁN J., PASTOR E., GRAU A., MASSUTI-PASCUAL E., VALENCIA J.M. y GIL M.M. 2009. Total replacing of Artemia by an artificial diet in larval rearing feeding protocol of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso,1801). En: *Proceedings of Aquaculture Europe 2009*, European Aquaculture Society, 14-17 August, Trondheim Norway, pp: 164-165.
- EL-SHEBLY A.A., EL-KADY M.A.H., HUSSIN A.B., HOSSAIN Md. Y. 2007. Preliminary observations on the pond culture of meagre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Sciaenidae) in Egypt. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2: 345-352.
- ESTÉVEZ A., TREVIÑO L. y GISBERT E. 2007. La densidad larvaria inicial afecta al crecimiento pero no a la supervivencia de las larvas de corvina (*Argyrosomus*



- regius*) en cultivo. En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 747-749.
- ESTÉVEZ A., TREVIÑO L., KOTZAMANIS Y., KARACOSTAS I., TORT L. y GISBERT E. 2010. Effects of different levels of plant proteins on the on-growing of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles at low temperatures. *Aquacult. Nutr.*, 17 (2): 572-582.
- FAO. 2000. FAO Yearbook of Fishery Statistics, Vol. 86/1. Rome/Roma, FAO. 2000. 713 pp.
- FAO. 2006-2010. Programa de información de especies acuáticas *Argyrosomus regius*. Text by Stipa P., Angelini M. En: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [online]. Rome. Updated 10 February 2005. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus_regius/es
- FAO, 2009. Fish Stat. Base de producciones de acuicultura y pesca.
- GARCÍA-MESA S., GONZÁLEZ G., MECHÓN A., SANZ A., SUÁREZ M.D. y GARCÍA-GALLEGO M. 2009. Cambios morfométricos y de composición durante el primer año de cultivo de la corvina (*Argyrosomus regius*) En: *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 562-563.
- GARCÍA-PACHECO, M.M., BRUZÓN, M.A. 2009. Gametogenic cycle and first sexual maturity size of meagre, *Argyrosomus regius*. En: *4th Workshop on Gonadal Histology of Fishes*. Centro IFAPA El Toruño, El Puerto de Santa María, Cádiz, 16-19 de Junio de 2009. Poster.
- GIL M.M. 2009. Atlas histológico de la corvina (*Argyrosomus regius*). Practicum del Máster de Ecología Marina. Universitat de les Illes Balears. 37 pp.
- GONZÁLEZ-QUIRÓS R., DEL ÁRBOL J., GARCÍA-PACHECO M.M., SILVA A., NARANJO J.M. y MORALES-NIN B. 2011. Life-history of the meagre *Argyrosomus regius* in the gulf of Cádiz (SW Iberian Peninsula). *Fish. Res.*, 109 (1): 140-149.
- GRAU A., RODRÍGUEZ-RÚA A., MASSUTI-PASCUAL E., JIMÉNEZ MT., DURÁN J., JIMÉNEZ-CANTIZANO RM., PASTOR E. y CÁRDENAS S. 2007. Spawning of meagre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) using GnRH α . En: *Aquaculture Europe 2007*, pp: 439-440. European Aquaculture Society, Istanbul, Turkey.
- GRAU A., LINDE M. y GRAU A.M. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Sci. Mar.*, 73 (1): 67-81.
- GRIFFITHS M.H. y HEEMSTRA P.C. 1995. A contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Argyrosomus* (Perciformes: Sciaenidae), with description of two new species from Southern Africa. *Ichthyological Bulletin*, 65: 1-40.
- GUITTINO C., MANUALI E., LATINI M., AGNETTI F., ROGATO F., AGONIGI R., COLUSSI S. y PEARO M. 2004. Caso di granulomatosi sistémica in ombrina boccardoro (*Argyrosomus regius*) e raffronto con le lesione istologiche presenti nell'orbita. *Ittiopatologia*, 1:59-67.



- HERNÁNDEZ M.D., GARCÍA-GARCÍA B., FERRANDINI E., NIETO G., GARRIDO M.D. 2007. Composición en ácidos grasos de filetes de corvina (*Argyrosomus regius*) almacenados en hielo. *Libro de Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Xunta de Galicia, Vigo, España. pp. 771-774.
- HERNÁNDEZ M.D., GARCÍA-GARCÍA B. 2007. A study on the nutritional quality of cultured meagre *Argyrosomus regius* under market conditions. *European Aquaculture Society*, October 24-26, 2007, Istanbul, Turkey, pp.242-243.
- HERNÁNDEZ M.D., LÓPEZ M.B., ÁLVAREZ A., FERRANDINI, E., GARCÍA-GARCÍA B. GARRIDO M.D. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry*, 114(1): 237-245
- HERNANDEZ-CRUZ C.M., SCHUCHARDT D., ROO J., BORRERO C., FERNANDEZ-PALACIOS H. 2007. Optimización del protocolo de destete de corvina (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801). En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 751-754. Vigo 24-28 sept. 2007.
- JIMÉNEZ M.T., PASTOR E., GRAU A., ALCONCHEL J.I., SÁNCHEZ R., CÁRDENAS S. 2005. Revisión del cultivo de esciénidos en el mundo, con especial atención a la corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21 (1-4), 169-175.
- LAGARDÉRE J.P. y MARIANI A. 2006. Spawning sounds in meagre *Argyrosomus regius* recorded in the Gironde estuary, France. *J.f Fish Biol.*, 69: 1697-1708.
- LAZO J.P., HOLT J.G., FAUVEL C., SUQUET M., QUÉMÉNER L. 2010. Drum-Hish or Corackers (Family: Sciaenidae). En: *Fisnfish aquaculture diversification* (Le François N., Jobling M., Carter C., Blier P. (Eds.) CABI, Cambridge, USA. Pp. 397-431.
- MAIGRET J. y LY B. 1986. Les poissons de mer de Mauritanie. Science Nat., Compiègne. 213 pp.
- MANUALI E., ANETTI F., LATINI M., CHECCARELLI S. y GUITTINO C. 2005. Segnalazioni di micosi sistemica in ombrine boccardoro (*Argyrosomus regius*) alleviate intensivamente. *Ittiopatologia*, 2: 129-135.
- MATEOS VELASCO A. 2007. Una nueva especie para la acuicultura marina, la corvine, (*Argyrosomus regius*). En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, Vigo 24-28 sept. 2007. pp: 519-522.
- MAYOL J., GRAU A., RIERA F., y OLIVER J. 2000. Llista vermella dels peixos de les Balears. Documents Tècnics de Conservació, II època, núm.7. *Quaderns de pesca*, 4: 126 pp.
- MUÑOZ J.L., RODRÍGUEZ-RÚA A., BUSTILLOS P., CÁRDENAS, S. 2008. Crecimiento de corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) en estanques de tierra a distintas salinidades. *IV Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico. Nuevos retos*. Cartaya, Huelva



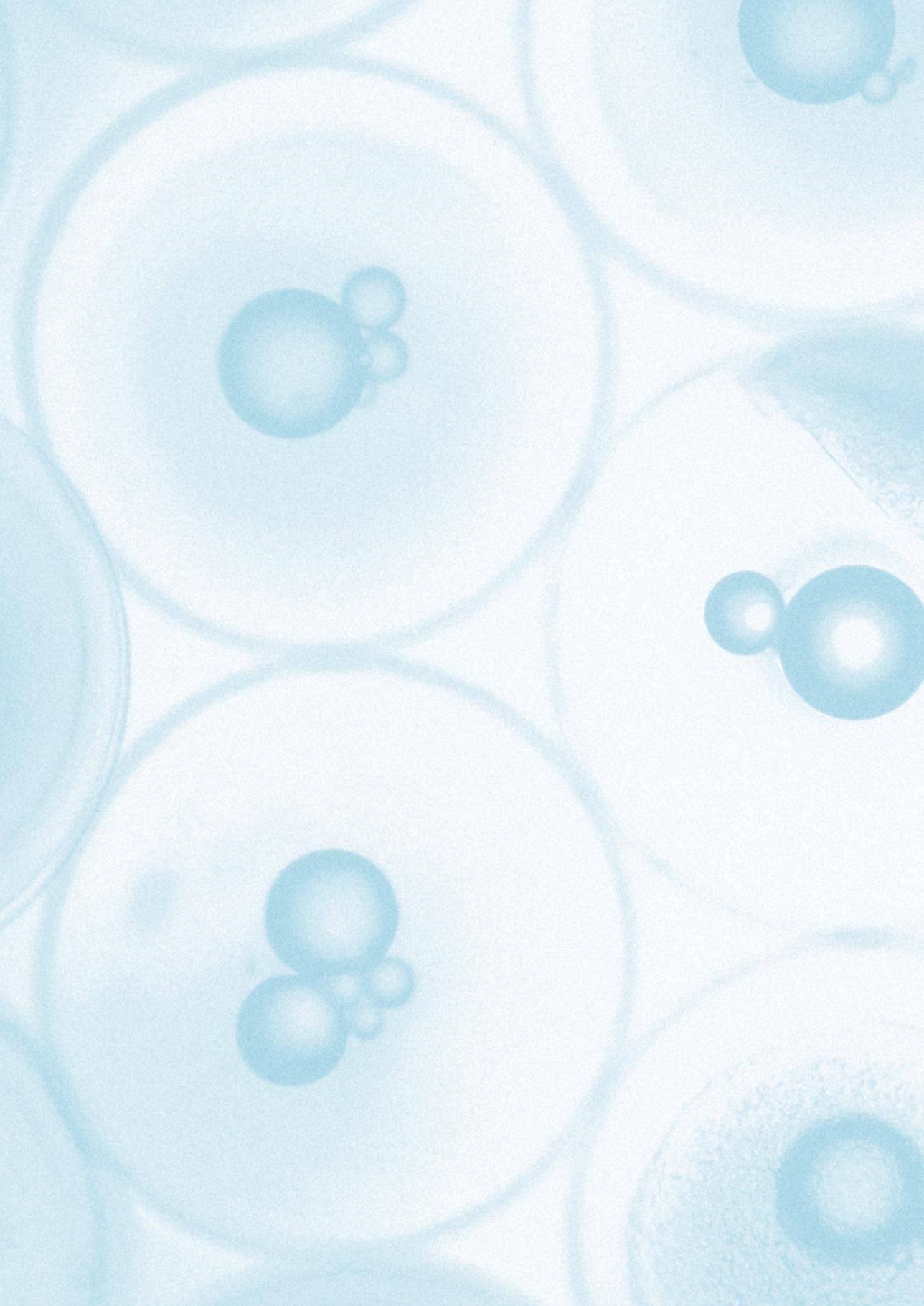
- MUSICK J.A., HARBIN M.M. y BERKELEY S.A. 2000. Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific Salmonids). *Fisheries*, 25: 6-30.
- MYLONAS C., GEORGIU G., STEPHANOY D., ATACK T., AFONSO A. y ZOHAR Y. 2000. Preliminary data on the reproductive biology and hatchery production of the shi drum (*Umbrina cirrosa*) in Cyprus. En: Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 303-312.
- NELSON J.S. 1994. *Fishes of the World. 3rd edition*. John Wiley and Sons Inc., New York, USA. 600 pp.
- ORTEGA A. y DE LA GÁNDARA F. 2007. Crecimiento de la corvina (*Argyrosomus regius*) en tanques. En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 763-766. Vigo 24-28 sept.
- PANAGIOTIDOU M., CHATZIFOTIS S., PAPAIOANNOU N., PAPASOLOMONTOS S., PAVLIDIS M., NENGAS I., MYLONAS C.C. 2007. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*). *European Aquaculture Society*, October 24-26, 2007, Istanbul, Turkey, pp.431-432.
- PASTOR E., GRAU A., MASSUTI-PASCUAL E. y SÁNCHEZ DE LAMADRID A. 2002. Preliminary results on growth of meagre, *Argyrosomus regius* (Asso 1801) in sea cages and indoor tanks. *EAS Special Publication*, 32: 422-423.
- PASTOR E., DURÁN J., GRAU A., MASSUTI-PASCUAL E., GIL M.M., VALENCIA J.M. 2008. Growth of meagre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) stocked in marine cages and fed with two commercial diets. *Aquaculture Europe 08*, Krakow, Poland. *EAS special publication*, 37: 517-518.
- PICCOLO G., BOVERA F., DE RIU N., MARONO S., SALATI F., CAPPUCCINELLI R., MONIELLO G. 2008. Effect of two different protein/fat ratios of the diet on meagre (*Argyrosomus regius*) traits. *Ital. J. Anim. Sci.*, 7: 363-371.
- POLI B.M., PARISI G., ZAMPACAVALLO G., IURZAN F., MECATTI M., LUPI P., BONELLI A. 2003. Preliminary results on quality and quality changes in reared meagre (*Argyrosomus regius*): body and fillet traits and freshness changes in refrigerated commercial-size fish. *Aquacult. Int.*, 11: 301-311.
- QUÉMÉNER L. 2002. Le maigre commun (*Argyrosomus regius*). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Éditions Ifremer, Brest Cedex. 31pp.
- QUERO J.C. 1985. Le maigre, *Argyrosomus regius* (Pisces, Scianidae) en Méditerranée occidentale. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 114 (4): 81-89.
- QUERO J.C. 1989. Sur la piste des maigres *Argyrosomus regius* (Pisces, Scianidae) du golfe de Gascogne et de Mauritanie. *Oceanis*, 15 (2): 161-170.
- QUERO J.C. y VAYNE J.J. 1987. Le maigre, *Argyrosomus regius* (Asso,1801) (Pisces, Perciformes, sciaenidae) du golfe de Gascogne et des eaux plus



- septentrionales. *Revue des Travaux de l' Institut des Pêches Maritimes*, 49, 35-66.
- QUERO J.C. y VAYNE J.J. 1997. Les poissons de mer des pêches françaises. Delachaux et Niestlé SA, Lausanne-Paris, 304pp.
- QUÉMÈNER L. 2002. Le maigre commun (*Argyrosomus regius*). *Biologie, pêche, marche et potential aquacole*. Editions IFREMER, Plouzané, France. 31 pp.
- RODRÍGUEZ, A. 2006. «El Toruño» reproduce corvina en cautividad por primera vez en Andalucía.
- RODRÍGUEZ-RÚA A., GARCÍA-MESA S., GARCÍA-GALLEGO M., SUÁREZ M.D., CÁRDENAS S. (2009). Efectos del ayuno-realimentación y tamaño de la ración en aspectos morfométricos y de composición en la corvina (*Argyrosomus regius*). En: *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, pp. 58-59
- ROO J., HERNANDEZ-CRUZ M.C., BORRERO C., FERNANDEZ-PALACIOS H. y SCHUCHARDT D. 2007. Efecto de la densidad larvaria y secuencia alimentaria en el cultivo larvario de corvina (*Argyrosomus regius* Asso 1801) durante el primer mes de vida. En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 743-746. Vigo 24-28 sept. 2007.
- ROO J., HERNANDEZ-CRUZ M.C., BORRERO C., SCHUCHARDT D. y FERNÁNDEZ- PALACIOS H. 2010. Effect of larval density and feeding sequence on meagre (*Argyrosomus regius*; Asso, 1801) larval rearing. *Aquaculture*, 302: 82-88
- SADOVY Y. y CHEUNG W.L. 2003. Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away. *Fish and Fisheries*, 4: 86-99.
- SERAFY J.E., AULT J.S., CAPO T.R., SCHULTZ D.R. 1999. Red drum, *Sciaenops ocellatus* L., stock enhancement in Biscayne bay, FL, USA: assessment of releasing unmarked early juveniles. *Aquacult. Res.*, 30(10), 737-750.
- SILBERSCHNEIDER V. y GRAY C.A. 2008. Synopsis of biological, fisheries and aquaculture-related information on mullet *Argyrosomus japonicus* (Pisces: Sciaenidae), with particular reference to Australia. *J. Appl. Ichthyol.*, 24: 7-17.
- TERNENGO S., AGOSTINI S., QUILICHINI Y., EUZET L. y MARCHAND B. 2010. Intensive infestations of *Sciaenocotyle pancerii* (monogenea, Myrcoctylidae) on *Argyrosomus regius* (Asso) under fish-farming conditions. *J. Fish Dis.*, 33: 89-92.
- TIXERANT G. 1974. Contribution à l'étude de la biologie du maigre ou courbine *Argyrosomus regius* (Asso) sur la côte mauritanienne. Thèse d'université d'Aix-Marseille, 146pp.
- TOKSEN, E., GAMSIZ K. y NEMLI E. 2006. The effect of hydrogen peroxide for *Benedenia sciaenae* van Beneden, 1856 (monogenea: Capsalidae) infestations in cultured meagre *Argyrosomus regius* Asso, 1801. *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23: 351-352.

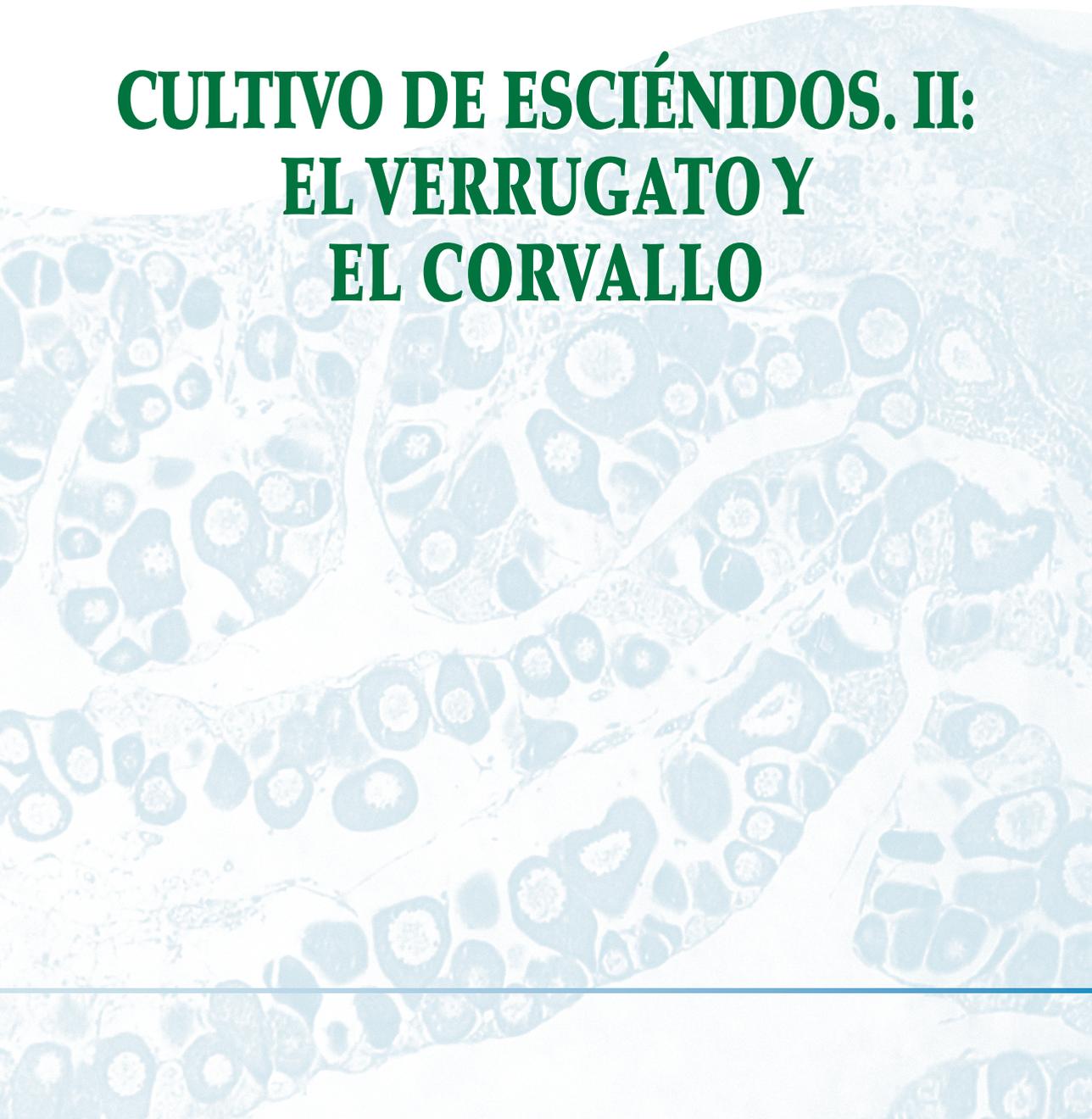


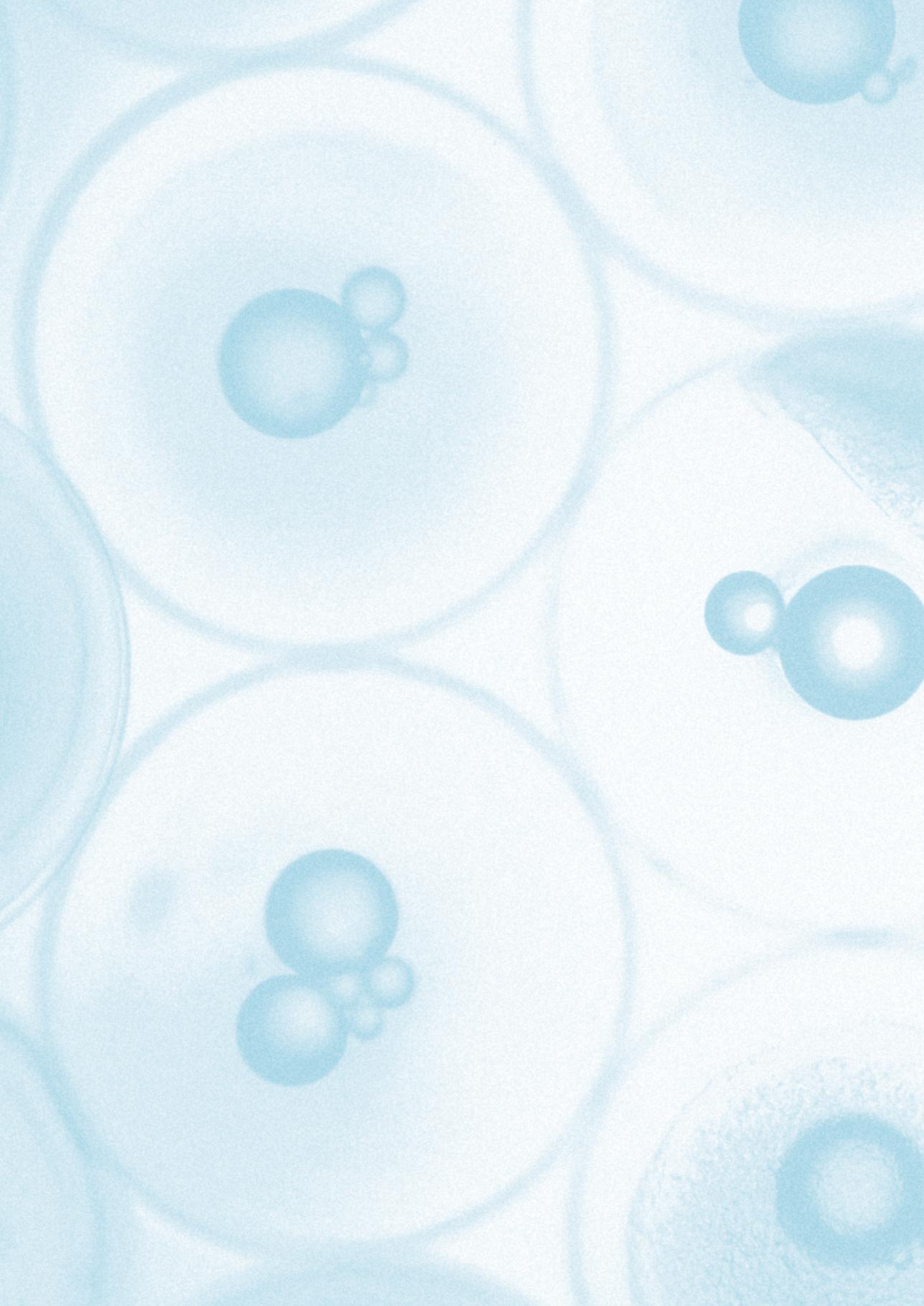
- TOKSEN E., GAMSIZ K., NEMLI E. 2007. Infestation of *Benedenia sciaenae*, van Beneden 1856 (monogenea: Capsalidae) of cultured meagre (*Argyrosomus regius*). *Turkiye Parazitolog Derg.*, 31: 75-78.
- VALLÉS R. y ESTÉVEZ A. 2009. Efecto del fotoperíodo en el crecimiento y supervivencia de larvas de corvina (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801) en cultivo intensivo. En: *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 614-615. Madrid 24-26 nov..
- VELASCO J., MARTÍNEZ-LLORENS S., TOMÁS A., NOGALES S. y JOVER M. 2009. Tasas óptimas para el crecimiento y mantenimiento de la corvina (*Argyrosomus regius*). En: *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, pp: 238-239. Madrid 24-26 nov.
- ZOHAR Y. y MYLONAS C. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.



4

CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. II: EL VERRUGATO Y EL CORVALLO





CULTIVO DE ESCIÉNIDOS. II: EL VERRUGATO Y EL CORVALLO

Marta Arizcun Arizcun
y Emilia Abellán Martínez

Centro Oceanográfico de Murcia.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

En este capítulo se hace una revisión del conocimiento actual sobre el cultivo dos esciénidos, el verrugato (*Umbrina cirrosa*, Linnaeus 1758) y el corvallo (*Sciaena umbra*, Linnaeus 1758), especies consideradas como posibles candidatas a diversificar la piscicultura marina mediante su cultivo a nivel industrial. Ambas especies poseen una serie de características que, en principio, las hacen aptas para el cultivo y cumplen con los requisitos que se consideran necesarios a la hora de plantearse el cultivo de una nueva especie: su crecimiento es bueno, se adaptan bien a las condiciones de cautividad, aceptan sin problemas el alimento que se les suministra –incluso piensos comerciales diseñados para otras especies–, y se ha conseguido su reproducción en cautividad. Además de estos criterios biológicos, también hay que tener en cuenta criterios de mercado. En este caso, tanto el verrugato como el corvallo, son apreciados en aquellos países en que su consumo es habitual (Turquía, Túnez, Marruecos o Grecia). En otros países mediterráneos, como el caso de España, son especies poco conocidas al escasear en el medio natural y esto puede ser una dificultad importante a la hora de ser aceptadas por los consumidores.

El cultivo de estas especies se encuentra aún en fase experimental y, especialmente en el caso del corvallo, los resultados son preliminares a escala de laboratorio. La investigación sobre el cultivo del verru-



gato está más avanzada que la del corvallo ya que se han realizado más estudios sobre su cría en cautividad, especialmente en relación a la reproducción y cultivo larvario. Los pocos trabajos que existen sobre el corvallo se centran fundamentalmente en estudios realizados con ejemplares del medio natural y son muy pocos los experimentos relacionados con su cultivo. En España se ha empezado recientemente a investigar el cultivo de verrugato en el Centro Oceanográfico de Murcia perteneciente al Instituto Español de Oceanografía (IEO).

A pesar del estado incipiente en que se encuentra el cultivo de estos dos esciéndidos, los resultados obtenidos hasta el momento hacen pensar que son especies aptas para la acuicultura. De todas formas, para poder disponer de los datos que permitan afirmar esto en rotundidad, es necesario desarrollar estudios que abarquen todos los aspectos relacionados con la biología de estas especies y con las técnicas adecuadas para su cría y engorde en cautividad.

Palabras clave: Sciaenidae; Umbrina; Sciaena; cultivo; diversificación; reproducción; cría larvaria; engorde.

Abstract

In this chapter current knowledge about two sciaenids: shi drum (Umbrina cirrosa, Linnaeus 1758) and brown meagre (Sciaena umbra, Linnaeus 1758), is reviewed. Both are considered as possible candidates for diversifying marine fish farming by their cultivation at industrial level. Both species have a set of characteristics that, in principle, make them suitable for cultivation and meet the requirements that are deemed necessary when considering the cultivation of a new species: good growth, well adapted to captivity, easily accepting artificial feed –including commercial feed developed for other species–, and easy breeding in captivity. Besides these biological criteria, we must also point out market criteria. In this case, both the shi drum and brown meagre, are valued in countries where their consumption is usual (Turkey, Tunisia, Morocco or Greece). In other Mediterranean countries like Spain, they are poorly known because they are scarce in the natural environment and this can be a major difficulty at the time of being accepted by consumers.

The culture of these species is still in experimental stage and, especially in the case of brown meagre, the results are preliminary at laboratory scale.



This chapter summarizes the work that has been done and the results obtained so far. As discussed throughout the chapter, research on shi drum is more advanced than the brown meagre as more research on breeding in captivity has been done, especially in relation to reproduction and larval rearing. The few studies that exist on the brown meagre focus primarily on studies with wild fish and very few experiments have been done in cultivation. Recently in Spain, the Murcia Oceanographic Centre from the Spanish Institute of Oceanography (IEO), has begun to investigate the culture of shi drum.

Despite the nascent state of the cultivation of these two sciaenids, the results obtained so far suggest they are suitable for aquaculture species. Anyway, to obtain the data confirming this categorically, it is necessary to carry out studies covering all aspects of the biology of these species and proper techniques for captive breeding and ongrowing.

4.1. INTRODUCCIÓN

El verrugato (*Umbrina cirrosa*, Linnaeus 1758) y el corvallo (*Sciaena umbra*, Linnaeus 1758) son peces teleósteos del Orden Perciformes que pertenecen a la Familia Sciaenidae. Esta familia incluye 270 especies en el mundo distribuidas en regiones de aguas cálidas y tropicales (Nelson, 1994) y cinco de ellas viven en el Mar Mediterráneo (Fischer *et al.*, 1987). El nombre común dado en inglés a los esciénidos, «drums» o «croakers», proviene del sonido que emiten al vibrar los músculos adyacentes a la vejiga natatoria que actúa como cámara de resonancia.

En general, son especies que viven en aguas litorales, poco profundas (hasta 250-350 m), sobre fondos arenosos, fangosos o rocosos y suelen presentar un comportamiento gregario. Se consideran especies eurihalinas (Miranda y Sonski, 1985; Fielder y Bardsley, 1999; Doroudi *et al.*, 2006; Mylonas *et al.*, 2009) por lo que pueden penetrar en las desembocaduras de ríos y en lagunas estuáricas. Las puestas tienen lugar en estuarios, cerca de ellos o en la franja costera, normalmente al atardecer (Holt *et al.*, 1985). La degradación de algunos hábitats y la sobreexplotación, han dado lugar a un descenso en el tamaño de las poblaciones de esciénidos en muchas áreas. Algunas de estas especies poseen un considerable valor comercial.



Varias especies de esta familia se han contemplado como potencialmente interesantes para la acuicultura y algunas de ellas ya se cultivan en granjas comerciales. El corvinón ocelado «red drum» (*Sciaenops ocellatus*) se cultiva en los Estados Unidos, en el Golfo de Méjico, para repoblar áreas naturales que se encuentran sometidas a una gran presión humana y también como base para la producción de alimentos (Miranda y Sonski, 1985; Thomas *et al.*, 1995; Gardes *et al.*, 2000), el roncador japonés «mullo» (*Argyrosomus japonicus*) se cultiva en Australia (Battaglione y Talbot, 1994; Fielder y Bardsley, 1999) y, desde hace pocos años, la corvina «maigre» (*Argyrosomus regius*) se cultiva con éxito en Europa, en el Mediterráneo (España, Francia, Italia y Marruecos) (Pastor García *et al.*, 2002; Poli *et al.*, 2003). Otros Esciénidos que han suscitado interés en el Mediterráneo son el corvallo *Sciaena umbra* («brown meagre») y el verrugato *Umbrina cirrosa* («shi drum»), que se empieza a cultivar en Italia y Grecia (Cardellini *et al.*, 1999; Barbaro *et al.*, 2002; Mylonas *et al.*, 2004; Zaiss *et al.*, 2006; Mylonas *et al.*, 2009; Papadakis *et al.*, 2009; Arizcun *et al.*, 2009). En general, los esciénidos se adaptan bien a la cautividad y son dóciles al manejo, características que hacen a esta familia interesante desde el punto de vista de su cultivo industrial.

4.2. VERRUGATO (*UMBRINA CIRROSA*)

4.2.1. Introducción

4.2.1.1. Sistemática y denominaciones

4.2.1.1.1. Sistemática:

Cordados; Actinopterygios; Perciformes; Sciaenidae

4.2.1.1.2. Denominaciones:

Nombre científico: *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758)

Sinónimos: *Sciaena cirrosa*; *Asperina improvisa*; *Coracinus boops*; *Perca umbra*; *Umbrina vulgaris*

Nombres comunes en diferentes idiomas:

- Inglés: Shi drum, corb, croaker
- Francés: Ombrine, ombrine commune, ombrine cõtière
- Italiano: Ombrina



- Portugués: Calafate de riscas
- Euskera: Burriota
- Catalán: Corball de sorra
- Castellano o español: Verrugato, verrugato común, verrugato de piedra

4.2.1.2. Morfología

El verrugato es un pez fusiforme con el cuerpo alto y comprimido lateralmente y con el dorso arqueado (Figura 1). Tiene una coloración gris plateada con marcadas líneas doradas sinuosas que corren oblicuas hacia el dorso y se extienden desde la cabeza hasta la aleta caudal. El borde posterior del opérculo es oscuro. Tiene una boca pequeña subterminal y es característica de esta especie la presencia de una barbilla corta y rígida en el extremo de la mandíbula inferior, a modo de verruga, de donde le viene la denominación común de «verrugato». La mandíbula inferior es más corta que la superior. La aleta dorsal está dividida en una parte anterior con 9 o 10 radios espinosos y una parte posterior con un radio espinoso y 23 a 25 radios blandos. La aleta anal tiene 2 radios espinosos y 7 u 8 radios blandos. La aleta caudal tiene una característica forma de abanico. El cuerpo está cubierto por escamas ctenoideas, excepto en la zona anterior de la cabeza y el vientre, donde presenta escamas cicloideas. En el medio natural, se ha visto que el verrugato tiene un rápido crecimiento durante sus tres primeros años de vida (Fabi *et al.*, 1993). Pueden alcanzar tallas máximas de 100 cm, siendo las más comunes de 30 a 80 cm.

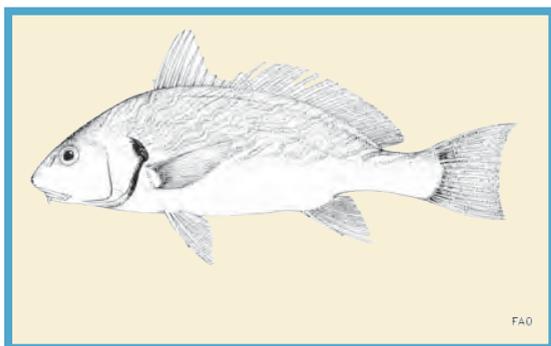


FIGURA 1.
Morfología externa del
verrugato (*Umbrina cirrosa*).

4.2.1.3. Distribución y hábitat

Está presente en el Atlántico Oriental desde el Golfo de Vizcaya hasta Senegal incluyendo las Islas Canarias, en el Mar Negro y en el Mediterráneo (Figura 2). Los juveniles pueden encontrarse en estuarios mientras que los adultos frecuentan las áreas costeras de menos de 100 m de profundidad y prefieren fondos arenosos o rocosos.

4.2.1.4. Biología

Los verrugatos se alimentan de peces e invertebrados bentónicos como poliquetos, crustáceos y moluscos, aunque también pueden consumir algas.

Es una especie gonocórica, con sexos separados. La primera maduración sexual se produce a una longitud total de 35 cm, siendo su estación reproductora la primavera y el verano, con temperaturas del agua que pueden oscilar entre 17 °C y 28 °C, aunque las temperaturas óptimas para la puesta de huevos están comprendidas entre 22-26 °C (Cardellini *et al.*, 1999). No existe dimorfismo sexual, pero sí parece existir una notable diferencia de tamaño entre los dos sexos, que tien-

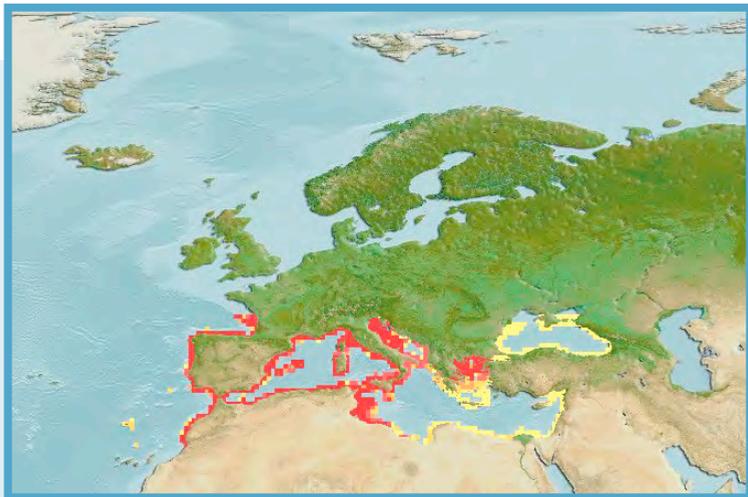


FIGURA 2.

Distribución del verrugato (*Umbrina cirrosa*). El gradiente rojo-amarillo indica la mayor-menor presencia. Fuente: www.fishbase.org



de a incrementarse con la edad, resultando ser las hembras sensiblemente mayores que los machos (Mylonas *et al.*, 2000).

4.2.1.5. Producción y mercados

Esta especie es objeto de pesca semiindustrial, artesanal y deportiva. Es habitual en los mercados de Marruecos, Grecia, Turquía y Chipre, donde es apreciada, alcanzando precios elevados. La pesca de *Umbrina cirrosa*, actualmente restringida a Grecia, Turquía y Túnez, ha descendido notablemente en cantidad en los últimos años. En Grecia, mientras que el total de capturas en la década de los 50 fue de 6 000 t, en las décadas de los 80 y 90 las cantidades se situaron cercanas a las 1 400 t, siendo únicamente de 633 t en la última década (sin contabilizar los datos correspondientes a 2009 por no estar aún disponibles). Igualmente, en Turquía se ha pasado de capturas superiores a 4 000 t durante las décadas de los 80 y 90 a 432 t en la última década (a falta de los datos correspondientes a 2009) (Figura 3). Estos datos revelan una preocupante dis-

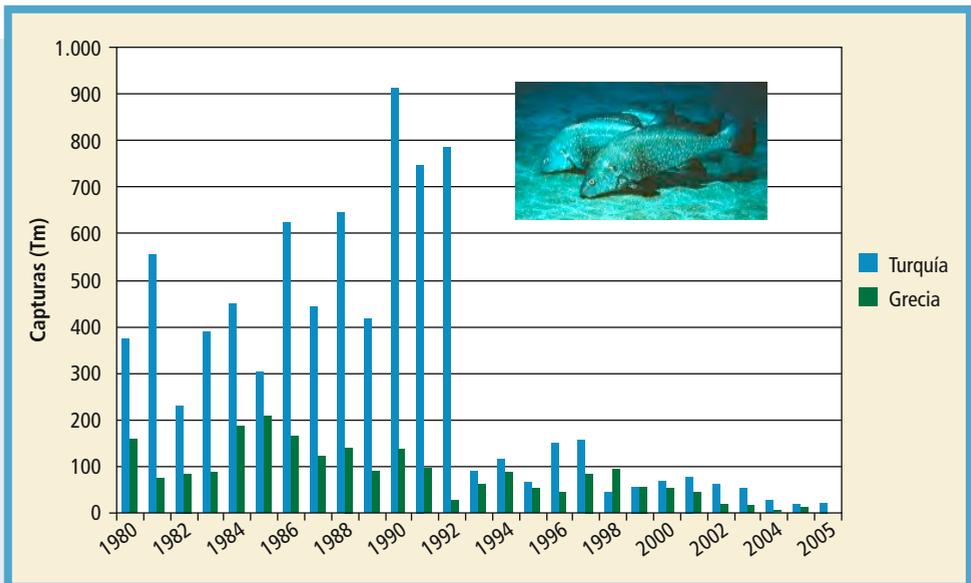


FIGURA 3.

Distribución de capturas de verrugato (*Umbrina cirrosa*) en Turquía y Grecia. Fuente: Departamento de Pesca de la FAO.



minución en las pescas de esta especie. En España, el verrugato no es un pez muy conocido para el consumo humano, pero sí es muy apreciado en algunas zonas por los pescadores deportivos. Así, en Baleares es una especie protegida (BOIB 89, pág. 74, 24/06/2004) ya que su presencia cada vez es menor debido a que es fácil de localizar por los pescadores.

El interés en el cultivo del verrugato, por tanto, tiene una doble finalidad: producción de alimento para el consumo humano y repoblación de hábitats naturales.

4.2.2. Cultivo

Los primeros trabajos relacionados con el cultivo del verrugato se iniciaron en la segunda mitad de la década de los 90 en Italia. En estos experimentos, ejemplares del medio natural fueron sometidos a tratamiento hormonal para inducirles la puesta en cautividad (Melotti *et al.*, 1995; Barbaro *et al.*, 1996). Ante los buenos resultados obtenidos en las puestas, el rápido crecimiento de las larvas y su fácil adaptación a la cautividad y al manejo, se empezó a considerar al verrugato como una especie de interés para diversificar la piscicultura en el Mediterráneo. A partir de entonces, se han realizado diversos experimentos en Italia, Grecia, Chipre y Turquía que confirman la idoneidad de *Umbrina cirrosa* para ser cultivada, ofreciendo así una alternativa a los cultivos tradicionales de peces en el Mediterráneo. En España, los únicos trabajos realizados con esta especie son muy recientes; comenzaron en el año 2009 en la Planta Experimental de Cultivos Marinos (Centro Oceanográfico de Murcia) del Instituto Español de Oceanografía (IEO) y se continúa trabajando en esta línea (Arizcun *et al.*, 2009).

En Chipre y Grecia, los estudios para evaluar su potencial en acuicultura se iniciaron con la recolección de juveniles silvestres, obtención de puestas inducidas hormonalmente y cultivo larvario, con buenos niveles de supervivencia y altas tasas de crecimiento (Mylonas *et al.*, 2000). Posteriormente, se realizaron estudios más detallados de su ciclo reproductor, maduración de los ovocitos, y características del esperma en cautividad (Mylonas *et al.*, 2004).

En Italia, se han realizado ensayos de reproducción utilizando esperma crioconservado (Barbato *et al.*, 1998; Canese *et al.*, 1999) con resultados muy similares a aquellos obtenidos con esperma sin tratar.



En Turquía, un trabajo realizado por Basarán *et al.* (2009), describe el comportamiento de los reproductores durante la puesta tras ser inducidos mediante la administración de hormonas.

En España, la reproducción en cautividad del verrugato se ha realizado por primera vez en la Planta Experimental de Cultivos Marinos del IEO, situada en el Puerto de Mazarrón (Arizcun *et al.*, 2009). La puesta fue inducida hormonalmente con éxito, obteniéndose buenos índices de crecimiento y supervivencia durante el cultivo larvario.

Se han realizado varios estudios relacionados con el desarrollo ontogénico del verrugato, especialmente a nivel del digestivo (Cardellini *et al.*, 1998; Koumoundouros *et al.*, 2005; Zaiss *et al.*, 2006; Papadakis *et al.*, 2009), que ponen de manifiesto un desarrollo precoz de los órganos. El estómago se desarrolla en 12 días permitiendo adelantar el paso de alimento vivo a dietas artificiales.

La capacidad de esta especie para adaptarse a ambientes con diversas salinidades se ha puesto de manifiesto en un trabajo realizado por Mylonas *et al.* (2009), en el que han constatado que estos peces admiten sin problemas salinidades de 10 a 40 psu (Unidades Prácticas de Salinidad = g/l).

4.2.2.1. Reproducción y puesta

4.2.2.1.1. Recolección y mantenimiento de reproductores

Los verrugatos, como ya se ha indicado anteriormente, son peces bastante dóciles, que se adaptan bien a las condiciones de cautividad y a las tareas de transporte, muestreos, clasificaciones y otras manipulaciones necesarias en los procesos de cultivo. Esta característica hace posible la recolección de ejemplares juveniles o adultos del medio natural, su transporte a las instalaciones en tierra y su adaptación a las nuevas condiciones en los tanques de cultivo. De hecho, en las investigaciones realizadas hasta el momento, la adaptación de los ejemplares salvajes a la cautividad ha sido un proceso relativamente sencillo y no ha presentado problemas (Melotti *et al.*, 1995; Mylonas *et al.*, 2000; Basarán *et al.*, 2009; Arizcun *et al.*, 2009). Los verrugatos aceptan el alimento, compuesto de pescado fresco, mejillones y calamar, al poco tiempo de ser introducidos en los tanques. También se acostum-

bran con facilidad a la alimentación a base de pienso comercial; al no existir un pienso específico para esta especie, se ha utilizado el que se fabrica para dorada (*Sparus aurata*) y, más recientemente, pienso diseñado para corvina (*Argyrosomus regius*) que, al ser de la misma familia que el verrugato, presumiblemente es más adecuado en cuanto a características nutricionales.



El principal problema para conseguir formar un stock de reproductores de *Umbrina cirrosa* reside en la escasez de ejemplares de esta especie en el medio natural y, por lo tanto, la dificultad para localizarlos y capturarlos.

4.2.2.1.2. Maduración y puesta en cautividad

Todas las puestas de *Umbrina cirrosa* que se han obtenido en cautividad hasta ahora, han tenido lugar mediante inducción hormonal, después de administrar a los reproductores hormonas GnRH_a. Hasta el momento no se han conseguido puestas espontáneas a pesar de algunos intentos de modificaciones en las condiciones de luz y temperatura (Melotti *et al.*, 1995). Este hecho parece indicar que, igual que ocurre con otras especies de peces (como por ejemplo varios peces



planos y algunos miembros de la familia Serránidos), las hembras de verrugato tienen dificultades para realizar la maduración final de los ovocitos (FOM) en condiciones de cultivo, a pesar del normal desarrollo de la vitelogénesis y espermatogénesis en estas condiciones (Mylonas *et al.*, 2004). Los tratamientos hormonales con GnRH α , una vez que se ha realizado la vitelogénesis, estimulan la ovulación y la puesta en las hembras.

La maduración del ovario en esta especie es homogénea, con múltiples puestas de grupos sincronizados (Barbaro *et al.*, 1996). A lo largo de la estación reproductora el ovario contiene ovocitos en diferentes estados de maduración. La gametogénesis es un proceso que se produce de una manera bastante rápida en esta especie y no ha presentado problemas para llevarse a cabo en condiciones de cautividad (Mylonas *et al.*, 2004).

Los machos no necesitan ser inducidos hormonalmente para la liberación del esperma en los tanques de reproducción, ya que ésta se produce de modo espontáneo. La densidad del esperma es de $13\text{-}26 \times 10^9$ espermatozoides/ml y la duración de la motilidad es más bien corta (26-40 s). Estos datos se refieren a individuos cautivos (Mylonas *et al.*, 2004) y no hay datos de la duración de la motilidad en individuos salvajes.

Para conseguir puestas en los tanques de cultivo es preciso, al menos por el momento, inducir hormonalmente a las hembras mediante inyecciones o implantes intramusculares de liberación lenta de análogos estructurales de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH α). La inducción ha de hacerse en la época de reproducción de esta especie que comprende los meses de junio y julio. Previamente al tratamiento hormonal, es preciso asegurarse del estado adecuado de maduración de los ovocitos; para ello, como se viene realizando en otras especies de peces, se procede a la canulación de las hembras con el fin de extraer una muestra de ovocitos del ovario para su observación al microscopio. Para proceder a la inducción hormonal el tamaño de los ovocitos debe ser mayor de 495 μm . Las dosis de GnRH α que se han empleado varían entre 5-20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de hembra para las inyecciones y 40-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para los implantes de liberación lenta (Melotti *et al.*, 1995; Barbaro *et al.*, 1996, 2002; Cardellini *et al.*, 1999; Mylonas



et al., 2000, 2004; Arizcun *et al.*, 2009; Basarán *et al.*, 2009). Las respuestas a los tratamientos se producen a partir de las 48 horas después de la estimulación, pudiendo tardar más o menos según la dosis y metodología de aplicación de la hormona, así como del grado de maduración de las gónadas. También varía la duración de las puestas en función de estos factores.

Las temperaturas más adecuadas para la reproducción del verrugato están comprendidas entre 23-26 °C (Barbaro *et al.*, 1998). La salinidad del agua no afecta a la reproducción de esta especie ya que, al ser eurihalina, soporta bien un amplio rango de salinidades.

La liberación de los huevos por parte de las hembras y la fecundación de éstos mediante el esperma liberado por los machos, se produce al anochecer en los tanques de reproducción. Los huevos fecundados flotan en el agua y quedan recogidos durante la noche en los salabres situados a la salida de los tanques por donde rebosa el agua. La malla de los salabres ha de tener una luz inferior al diámetro de los huevos; habitualmente se emplea una malla de 500 µm. Las puestas se recogen a primera hora de la mañana para proceder a su incubación. Previamente, es necesario separar los huevos viables, que quedan flotando, de aquellos que precipitan al fondo del recipiente por no estar fecundados o no ser viables. El recuento de huevos viables y huevos muertos se realiza, como en el resto de especies, mediante muestreos o bien por volumetría.

Los huevos de verrugato son bastante pequeños, con un tamaño medio de 780 ± 30 µm de diámetro, son esféricos, transparentes y poseen una única gota de grasa de $191,7 \pm 10,6$ µm de diámetro (Figura 5).

4.2.2.2. Incubación

Una vez recogida la puesta y separados los huevos viables de los no viables, es necesario introducir los huevos viables en los tanques de incubación, en las condiciones adecuadas para que se produzca el desarrollo embrionario, la eclosión y el nacimiento de las larvas. Los tanques de incubación suelen ser de forma troncocónica, con una capacidad de 100 a 1000 litros de agua. Se mantienen en circuito abierto con renovación continua de agua filtrada y, si es posible, este-



FIGURA 5.
Huevos embrionados de *Umbrina cirrosa* obtenidos mediante inducción hormonal de hembras en la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO). (Fotos: A. Jiménez y M. Arizcun).

rilizada. Es necesario suministrar aireación continua a los tanques. Diariamente se procede a purgar los incubadores con el fin de eliminar huevos y/o larvas muertas. La densidad de incubación, como en otras especies cultivadas, suele oscilar entre 100 y 500 huevos por litro de agua. El tiempo de incubación varía en función de la temperatura del agua, produciéndose la eclosión a las 24 horas a 26 °C y a las 48 horas a 23 °C. Las tasas de eclosión obtenidas en esta especie han sido bastante elevadas, en torno al 42% (Mylonas *et al.*, 2004) y 68% (Arizcun *et al.*, 2009).

Una vez que los huevos han eclosionado, se suele proceder al traslado de las larvas a los tanques donde se llevará a cabo el cultivo larvario.

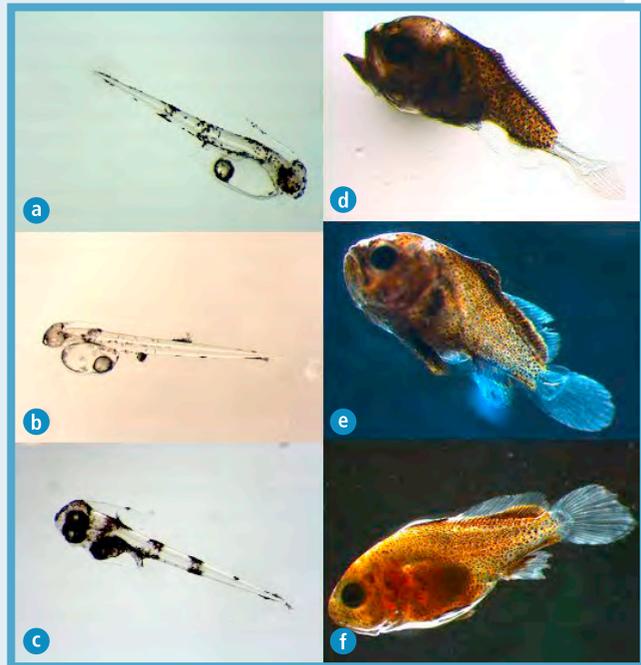
4.2.2.3. Cultivo Larvario

Los trabajos de cultivo larvario realizados hasta el momento han empleado básicamente las técnicas utilizadas comúnmente para otros peces marinos como la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Unos autores han empleado las técnicas de cría intensiva (Mylonas *et al.*, 2000; Papadakis *et al.*, 2009; Arizcun *et al.*, 2009) mientras que, en otros casos, el cultivo larvario se ha llevado a cabo mediante la técnica de mesocosmos (Koumoundouros *et al.*, 2005; Zais *et al.*, 2006). La tecnología del mesocosmos se considera apro-

piada para experimentar el cultivo con nuevas especies, de las que se tiene escasa información en relación a su biología y necesidades medioambientales. En todos los experimentos que se han hecho, tanto empleando mesocosmos como cría intensiva, los resultados han sido bastante satisfactorios en cuanto a crecimiento y supervivencia larvarios, y también en relación a la calidad de las larvas y al comportamiento de éstas. No se han producido enfermedades por infecciones ni malformaciones esqueléticas, ni tampoco se ha observado comportamiento canibalístico ni agresivo entre las larvas.

Las larvas de *Umbrina cirrosa* recién eclosionadas miden entre 1,9 y 2,5 mm de longitud total según los autores (Mylonas *et al.*, 2000; Zaiss *et al.*, 2006; Arizcun *et al.*, 2009), con un aspecto inicial semejante a las larvas de espáridos y un comportamiento similar a ellas en sus primeros días de vida. Esta similitud con las larvas de espáridos va desapareciendo a medida que avanza el desarrollo larvario, tanto en su morfología como en el comportamiento (Figura 6).

FIGURA 6.
Larvas de *Umbrina cirrosa* nacidas y criadas en la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO). a) 12 horas tras la eclosión b) 24 horas c) 40 horas d) 12 días e) 14 días f) 21 días. (Fotos: A. Jiménez).





En cuanto al desarrollo ontogénico de las larvas de *Umbrina cirrosa*, a continuación se explican los principales acontecimientos de los estados larvarios refiriéndolos a la longitud total de las larvas, tal y como los describió Koumoundouros *et al.* (2005) (Figura 7). Al comienzo del estado larvario, el verrugato presenta un gran saco vitelino y una única gota de grasa. El único vestigio de aleta presente en esta fase es el pliegue primordial marginal. Coincidiendo con el consumo total del saco vitelino, los ojos se vuelven negros, se abre la boca y se desarrollan el par de aletas pectorales (2,9 mm longitud total (LT) de la larva). El desarrollo de la aleta caudal está asociado morfológicamente con la flexión de la notocorda (4,3 mm LT). Casi simultáneamente (4,5 mm LT) se forman las aletas pélvicas y los primeros radios de la aleta anal. La aleta dorsal es la última que comienza a desarrollarse (4,8 mm LT). Durante toda la fase larvaria, la notocorda se caracteriza por presentar en su parte anterior, una curvatura pronunciada hacia arriba en la parte dorsal de la vejiga natatoria por detrás del cráneo. Esta curvatura da un aspecto característico a las larvas de esta especie. Una vez que la larva

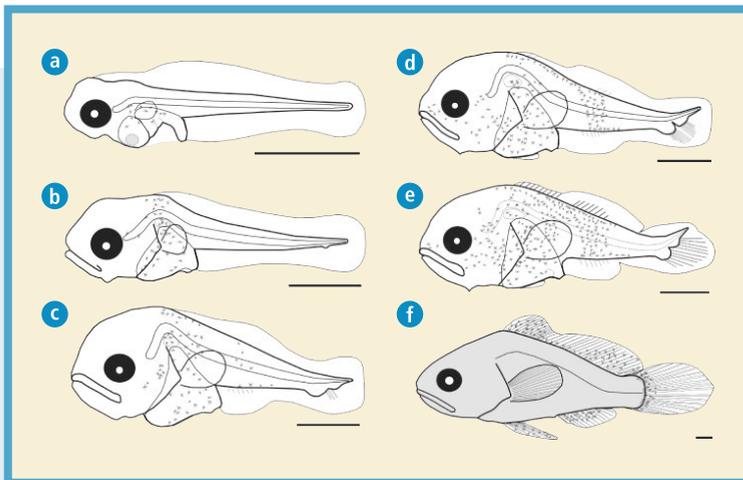


FIGURA 7.

Ontogenia del verrugato: (a) 2,9 mm longitud total (TL).
 (b) 4,1 mm TL. (c) 4,5 mm TL. (d) 5,4 mm TL. (e) 5,9 mm TL.
 (f) 17,4 mm TL. Longitud de las barras igual a 1,0 mm.
 (Fuente: Koumoundouros *et al.*, 2005).



alcanza una longitud de 12,7 mm, los huesos premaxilares experimentan un giro y la boca pasa, de una posición terminal, a orientarse ventralmente en posición subterminal.

Las larvas de verrugato presentan una fuerte pigmentación en su epitelio. Los primeros melanóforos se observan al poco tiempo de nacer, tiñéndose rápidamente toda la parte anterior del abdomen y extendiéndose la pigmentación hacia la parte posterior del cuerpo hasta cubrirlo casi totalmente. La inflación de la vejiga natatoria se ha observado entre los días 3 y 8 después de la eclosión (Melotti *et al.*, 1995; Mylonas *et al.*, 2000; Arizcun *et al.*, 2009).

4.2.2.3.1. Alimentación larvaria

Al nacer, igual que sucede en las otras especies de peces marinos cultivados, las larvas de verrugato tienen la boca cerrada y poseen un saco vitelino del cual se nutren hasta el comienzo de la alimentación exógena. El tiempo de alimentación endógena varía, según la temperatura del agua, entre 24 y 72 horas, al término de las cuales se ha producido la apertura de la boca y del ano, coincidiendo con el consumo de las reservas vitelinas. A partir de este momento, comienza la alimentación exógena y será necesario suministrar a las larvas el alimento necesario para su sustento. Se han ensayado distintos protocolos de alimentación basados en la metodología aplicada tradicionalmente en la piscicultura marina, a base de fitoplancton, rotífero y *Artemia* y el posterior «destete» con alimento inerte. Las larvas de verrugato han respondido de una manera satisfactoria a esta alimentación, aceptando adecuadamente tanto el zooplancton suministrado como el alimento inerte. A diferencia de otras especies cultivadas como la dorada y la lubina, el verrugato ha mostrado una capacidad de aceptar alimento inerte en etapas más tempranas de su desarrollo larvario. En algunos casos se les ha suministrado alimento inerte a los 16 días tras la eclosión con buenos resultados, y en el cultivo llevado a cabo por Papadakis *et al.* (2009) en Grecia, las larvas aceptaron pienso comercial a partir del día 12. El «destete» completo del verrugato se puede completar a los 29 o 30 días de vida (Mylonas *et al.*, 2000; Papadakis *et al.*, 2009). Esta característica es de gran interés para el cultivo comercial de esta especie, puesto que la alimentación



larvaria a base de presas vivas constituye uno de los procesos más delicados y costosos, tanto desde el punto de vista técnico como económico, de los criaderos.

La precocidad en la capacidad de aceptación y asimilación de alimento inerte, se explica por el desarrollo del digestivo en esta especie. Zaiss *et al.* (2006) estudiaron el desarrollo ontogénico del digestivo en las larvas de verrugato, y comprobaron que la diferenciación del tracto digestivo se produce de una manera más rápida que en las otras especies de peces marinos cultivados. Aunque en el momento de la eclosión el tracto digestivo consiste en un tubo indiferenciado situado dorsalmente al saco vitelino, igual que se observa en las larvas de dorada, lubina, pargo (*Pagrus pagrus*) y otras especies, en el verrugato ya se pueden distinguir claramente el esófago, el intestino y un estómago incipiente a los 3 días tras la eclosión. Las primeras glándulas gástricas en el estómago de estas larvas se han observado el día 9 de vida, mientras que en otras larvas de teleósteos examinadas, la completa diferenciación del estómago se produce varias semanas después de comenzar la alimentación exógena (Stroband y Kroon, 1981; Segner *et al.*, 1994; Ribeiro *et al.*, 1999). Aún en aquellas especies que han mostrado un desarrollo más rápido del estómago, como la dorada y la limanda (*Limanda ferruginea*), éste no se ha producido hasta el día 12 de vida (Sarasquete *et al.*, 1995; Baglolle *et al.*, 1997). Todo esto muestra la capacidad de las larvas de *Umbrina cirrosa* para ser «destetadas» con piensos comerciales mucho antes que otras especies de teleósteos marinos cultivados.

4.2.2.3.2. Comportamiento larvario

El comportamiento de las larvas está asociado a su anatomía y a su alimentación. En un primer momento, nada más eclosionar, las larvas de verrugato se comportan de manera similar a las larvas de espáridos, con algunos movimientos espasmódicos. A medida que el saco vitelino es consumido, la natación se hace más activa. Una vez que la boca se abre y es funcional, comienza la alimentación exógena y las larvas se distribuyen a lo largo de la mitad superior de la columna de agua, donde se localiza la mayor parte del zooplancton del que se alimentan. La boca, que en un primer momento es terminal, progresivamente se va modificando hasta llegar a tener una posición subterminal ventral hacia el día



24 después de la eclosión, y las larvas se vuelven entonces bentónicas nadando sobre el fondo y alrededor de las paredes del tanque. Otra característica morfológica de las larvas de verrugato que afecta a su comportamiento alimentario es el hecho de tener un cráneo grande que, junto con la presencia de una pronunciada curvatura de la notocorda a nivel post-craneal, da lugar a un área abdominal muy desarrollada. Esta característica está asociada con la habilidad que tienen estas larvas para capturar a sus presas y podría permitir una transición más rápida hacia la alimentación con *Artemia*, acortando el tiempo de suministro de rotífero a los tanques de cultivo (Koumoundouros *et al.*, 2005).

El verrugato no se distribuye uniformemente por el tanque de cultivo durante el período de cría larvaria, sino que tiende a agregarse por la superficie o por el fondo del tanque, dependiendo del estado de desarrollo. Estas pautas de comportamiento en las larvas, que se corresponden con la variación en la posición de la boca y con los cambios en el comportamiento alimentario, han sido observadas en los cultivos desarrollados en Grecia y también en los experimentos preliminares llevados a cabo en España. El conocimiento de estos comportamientos será de gran interés para la cría intensiva del verrugato, permitiendo ajustar los métodos de alimentación, el tipo de alimento y el modo de suministro de este, al estado de desarrollo de las larvas.

4.2.2.3.3. *Crecimiento y supervivencia larvarias*

Entre las principales características requeridas para considerar a una especie adecuada para el cultivo, se contempla el que su crecimiento sea rápido y que presente aceptables índices de supervivencia en la cría larvaria. En el caso de *Umbrina cirrosa*, ambas características parecen ser adecuadas ya que, en todos los trabajos que se han realizado, las larvas han mostrado un rápido crecimiento y los índices de supervivencia han sido muy satisfactorios, incluso en estos momentos en que su cultivo aún se encuentra en fase experimental.

Como se indicó anteriormente, las larvas recién nacidas miden entre 1,9 y 2,5 mm y siguen una tasa de crecimiento exponencial durante el período larvario, mostrando un crecimiento mayor que otras especies marinas de interés en acuicultura. En la bibliografía existente, la longitud total de las larvas el día 18 de vida es de 11 a 13,8 mm, y hacia el



final de la fase larvaria (40 días tras la eclosión) alcanzan una media de 31 a 34 mm de longitud y 0,4 g de peso (Zaiss *et al.*, 2006; Arizcun *et al.*, 2009) (Figura 8). En un trabajo publicado por Mylonas *et al.* (2000), se obtuvieron tallas de 25 mm a los 17 días y pesos de 2 g a los 41 días. A partir del fin del desarrollo larvario, y una vez «destetadas» completamente las larvas, éstas experimentan un rápido crecimiento, pasando de un peso de 0,4 g a los 40 días a 5,2 g a los 68 días y 19,4 g el día 98 (datos de Abellán y Arizcun no publicados).

Las tasas de supervivencia alcanzadas en los cultivos llevados a cabo, tanto mediante la técnica del mesocosmos como en los cultivos intensivos, han resultado ser bastante elevadas. En los primeros ensayos realizados en Italia por Melotti *et al.* (1995) se obtuvieron unas tasas de supervivencia, calculadas desde el día 4 al 40, del 61%. En Grecia, Zaiss *et al.* (2006) mediante cultivo en mesocosmos, obtienen supervivencias del 63% el día 91. En los primeros experimentos que se han hecho en España, la supervivencia ha sido del 68% a los 3 días

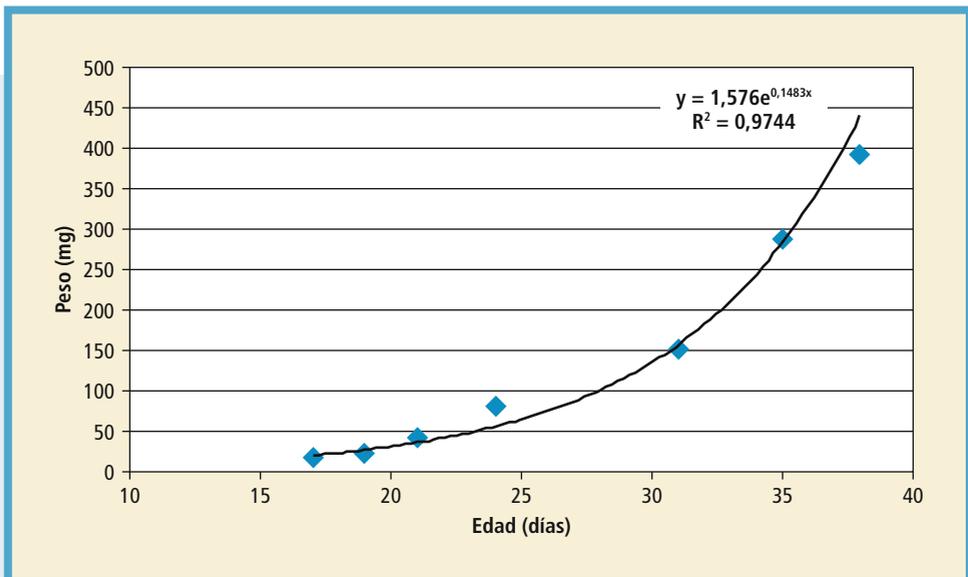


FIGURA 8.

Crecimiento exponencial de larvas de verrugato cultivadas en el Centro Oceanográfico de Murcia (IEO).

tras la eclosión (Arizcun *et al.*, 2009). Estos porcentajes, mayores que los alcanzados por otros peces marinos cultivados, son verdaderamente buenos para el cultivo de una especie y más teniendo en cuenta que, en este caso, se trata de una especie de la que aún se desconocen muchos aspectos necesarios para optimizar las técnicas de cultivo.

4.2.2.4. Preengorde y engorde

Una vez que los peces se han adaptado completamente al alimento inerte y han pasado del estado larvario al estado de alevín, se puede hablar del comienzo de la fase de preengorde. En el verrugato, el rápido crecimiento observado durante el cultivo larvario, continúa en los meses posteriores, y es capaz de alcanzar pesos de 5 g a los 2 meses de vida, mientras que la dorada y la lubina requieren como mínimo 4 meses para llegar a este peso (Figura 9).

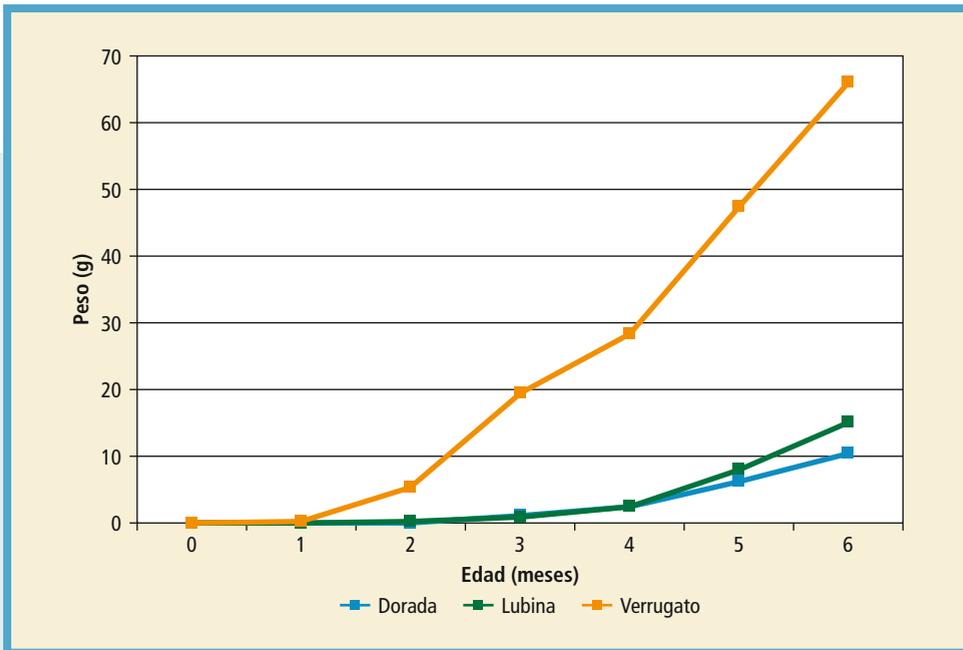


FIGURA 9.

Crecimiento comparado de dorada, lubina y verrugato cultivados en el Centro Oceanográfico de Murcia (IEO) en el año 2009.



El engorde de los peces cultivados puede llevarse a cabo en tanques en tierra o en jaulas en el mar. En el caso del verrugato, no se conoce casi nada de los requerimientos de su cultivo, tanto nutricionales como ambientales y técnicos, para que el crecimiento y la calidad de los peces sea óptima. En los escasos estudios que se han hecho se ha comprobado que la tasa de crecimiento es elevada y que los alevines, juveniles y adultos se adaptan bien al manejo y a las diversas manipulaciones que se realizan en las tareas de cultivo.

Las pruebas de engorde realizadas en Grecia (Mylonas *et al.*, 2000) han simultaneado el engorde en tanques con el engorde en jaulas, observando que, en ambos casos, el crecimiento es bueno obteniendo pesos medios de 250 g en un año y de 650 g a los dos años. Al introducir los alevines en las jaulas en el mar, estos se adaptan bien y se alimentan activamente cuando se les ofrece pienso comercial. Los peces continúan ocupando mayoritariamente el fondo y los contornos de la jaula, y únicamente se desplazan hacia el centro de la jaula cuando se les suministra el alimento. Este comportamiento en cuanto a la distribución de los animales en las jaulas, supone un inconveniente en áreas de aguas muy movidas y cuando se producen temporales ya que la proximidad de los peces a las redes, facilita el que queden atrapados en ellas dando lugar a importantes pérdidas.



FIGURA 10.
Muestreo de verrugatos reproductores en la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO). (Fotos: E. Abellán).



Los verrugatos nacidos en España en 2009 en las instalaciones del Instituto Español de Oceanografía, están siendo engordados en tanques de PVC alimentados con pienso para corvina y han alcanzado un peso medio de 240 g en 17 meses. La supervivencia está resultando prácticamente del 100%.

Los alevines de verrugato aceptan con facilidad el alimento inerte a base de piensos comerciales. Al no existir un pienso diseñado específicamente para esta especie, se ha utilizado el pienso que se comercializa para dorada y lubina y, más recientemente, se ha empleado un pienso diseñado específicamente para la corvina (*Argyrosomus regius*), especie que pertenece a la misma familia que el verrugato. Será necesario llevar a cabo estudios nutricionales para poder tener un conocimiento de los requerimientos nutricionales del verrugato y, de esta manera, se podrá diseñar un tipo de pienso que cubra todas las necesidades de esta especie tan prometedora.

No hay datos concretos acerca de las densidades de peces que es más adecuado mantener en los tanques y jaulas. Sin embargo, dado que es un pez bastante tranquilo, que no necesita moverse mucho y con una natación más bien lenta y escasa, es de suponer que admita densidades más elevadas que otras especies que tienen un comportamiento natatorio mucho más activo.

En cuanto al manejo y manipulaciones necesarias en los procesos de cultivo, el verrugato se ha mostrado dócil y fácil de manipular, sin presentar un comportamiento especialmente nervioso en las labores de muestreos, clasificaciones y transporte. Se ha visto que incluso puede ser muestreado y clasificado sin anestesia previa y, aunque se producen algunas pérdidas de escamas, la mortalidad tras el manejo es baja (Mylonas *et al.*, 2000). De todas formas, siempre es más efectivo aplicar algún tipo de anestésico, aunque sea en dosis bajas, para facilitar la tranquilidad de los peces y minimizar sus movimientos. Esta característica del verrugato es muy beneficiosa, ya que el estrés y los posibles daños producidos como consecuencia del manejo a menudo se traducen en bajas por mortalidad, posibles vías de entrada de infecciones y, por consiguiente, en pérdidas económicas.

4.2.2.5. problemas patológicos

Hasta el momento no se han detectado importantes problemas patológicos en el cultivo de esta especie. Hay que tener en cuenta que



su cultivo aún es muy incipiente, únicamente a nivel experimental, y que normalmente, los problemas patológicos empiezan a aparecer cuando una especie se cultiva a gran escala y se mantienen grandes densidades de animales en espacios más o menos reducidos.

Aunque, al no conocerse prácticamente nada de sus requerimientos nutricionales, los verrugatos se están alimentando con dietas preparadas para otras especies, los resultados en crecimiento y calidad están siendo buenos y los peces no muestran signos de deficiencias nutritivas, como puede ser la aparición de malformaciones esqueléticas o la susceptibilidad a infecciones.

El problema más llamativo que se ha observado hasta el momento en los verrugatos cultivados, es la pérdida parcial de las aletas dorsal y caudal en muchos casos (Figura 11). Este hecho ha sido observado tanto en los cultivos realizados en Grecia como en los trabajos que se están realizando en la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (Instituto Español de Oceanografía). Según Mylonas *et al.* (2000) estos daños podrían ser consecuencia de altas densidades en los tanques o de algún problema en la calidad del agua, junto con la fragilidad de los radios de las aletas. En el IEO (España) se ha observado una posible relación de este daño en las aletas con la forma de los tanques. Aquellos peces que se han engordado en tanques circulares han presentado esta deficiencia en las aletas caudales, mientras que en otro lote de peces procedente de la misma puesta y engordado en tanques rectangulares, el daño en las aletas caudales ha sido mucho menor (datos no publicados). Una explicación a este hecho podría ser que, al nadar los peces pegados a las paredes de los tanques, la forma circular de éstos daría lugar a un roce continuado en las aletas caudales produciendo una erosión. Esta pérdida parcial de las aletas, aunque no afecta al crecimiento de los peces, podría constituir un problema visual importante teniendo un efecto negativo en su valor comercial.

La *Umbrina cirrosa* es sensible a infecciones producidas por el parásito *Cryptocaryon irritans*, un ciliado que parasita las branquias, piel y ojos de los peces y que está comenzando a ser relativamente frecuente en especies que se cultivan en aguas cálidas. Aunque no se cita en la bibliografía existente, se ha detectado esta infección en verrugatos cultivados en España (IEO).

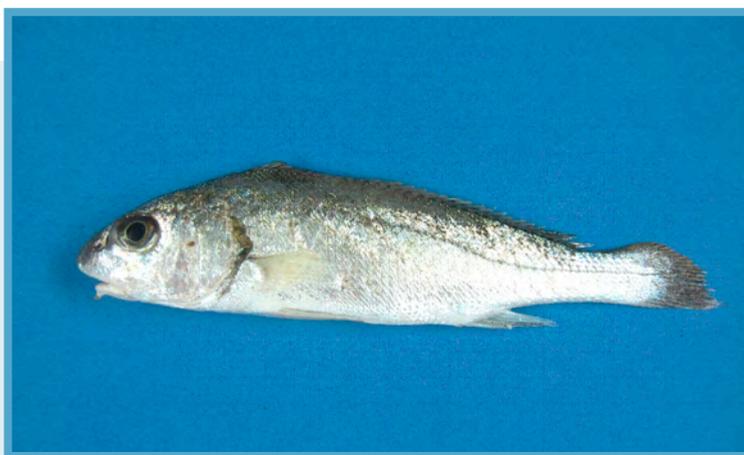


FIGURA 11.
Juvenil de verrugato cultivado en el que se puede apreciar la pérdida parcial de las aletas dorsal y caudal. (Foto: A. Jiménez).

También hay citas de infección por *Ceratomyxa spp.* (Myxosporea) en verrugatos cultivados en Grecia, pero esta infección no causó mortalidades (Vatsos *et al.*, 2006).

No se han detectado malformaciones esqueléticas en los verrugatos cultivados. Únicamente se ha citado la aparición de algunos ejemplares con la boca torcida, pero a muy pequeña escala y sin consecuencias sobre su actividad normal de alimentación y crecimiento (Mylonas *et al.*, 2000).

Es importante tener en cuenta que durante toda la fase larvaria del verrugato, la notocorda se caracteriza por presentar una curvatura pronunciada hacia arriba en la parte dorsal de la vejiga natatoria, por detrás del cráneo (Koumoundouros *et al.*, 2005) (ver figura 7 b-e). Esto constituye una característica normal propia de esta especie y por lo tanto, no debe ser confundida con la cifosis pre-hemal, que es una deformación vertebral frecuente en otros peces marinos cultivados (Koumoundouros *et al.*, 2002).

4.2.3. Perspectivas de cultivo

Una vez resumido el conocimiento que se tiene actualmente sobre *Umbrina cirrosa* y los resultados que se han obtenido en las investiga-



ciones sobre su cría en cautividad, se puede afirmar que esta especie tiene interés como candidata a diversificar la oferta de peces marinos cultivados.

A modo de resumen, las características ventajosas que hacen pensar en la viabilidad del cultivo del verrugato cara a su producción industrial en un futuro, son las siguientes:

- La época de puesta (de junio a agosto) es distinta a la de aquellas especies que se cultivan actualmente en el mediterráneo (dorada y lubina), que ponen en invierno y primavera. Esto permitiría rentabilizar las instalaciones de cultivo al poder utilizarse en distintas épocas del año para distintas especies.
- Los individuos silvestres se adaptan bien a las condiciones de cautividad y aceptan el alimento que se les suministra, incluso piensos comerciales, sin especial dificultad.
- Es un pez dócil al manejo, que se deja manipular para las labores de transporte, muestreos, clasificaciones, etc., sin sufrir por ello daños relevantes.
- Debido al precoz desarrollo de su aparato digestivo, el protocolo de alimentación larvaria a base de alimento vivo puede ser acortado, en relación con los protocolos utilizados para dorada y lubina, adelantando el paso de rotífero a Artemia así como el destete con alimento inerte.
- No se ha observado canibalismo en las larvas.
- Tanto los índices de eclosión de los huevos como los de supervivencia larvaria son bastante elevados.
- El crecimiento es rápido, tanto durante la fase larvaria, como en la fase de engorde.
- El cultivo de *Argyrosomus regius*, especie que pertenece a la misma familia que el verrugato, está dando muy buenos resultados desde que se inició su cría en cautividad, hace muy pocos años. Esto puede ser un indicio sobre el resultado que se pueda obtener en el cultivo de otras especies de la misma familia, como es el caso de *Umbrina cirrosa*.
- En algunos países, como Chipre y Grecia, es un pez apreciado por los consumidores y alcanza buenos precios en el mercado.



A pesar de todas estas ventajas, los conocimientos que se tienen en relación al cultivo de esta especie son aún muy escasos y es necesario profundizar en muchos aspectos de su biología para poder abordar su cultivo a escala comercial. En relación al desarrollo del digestivo, aunque ha sido descrito ya por Zaiss *et al.* (2006), es necesario completar estos conocimientos con estudios sobre la actividad y desarrollo de las enzimas digestivas y esto contribuirá a diseñar protocolos adecuados de alimentación durante el período larvario. De la misma manera, es necesario tener un conocimiento de las necesidades nutricionales de esta especie durante su engorde para poder formular un pienso específico. Otros estudios a realizar deberían centrarse en el control de la reproducción en cautividad, contemplando la posibilidad de inducir la maduración y la puesta mediante la modificación de los factores ambientales (temperatura y fotoperíodo). También es necesario tener un mayor conocimiento de las preferencias medioambientales (temperatura, intensidad lumínica, fotoperíodo, salinidad, densidad de cultivo, etc.) de larvas y juveniles, con el fin de diseñar las técnicas y condiciones de cultivo que permitan obtener óptimos crecimientos y supervivencias en las distintas fases del cultivo.

A la hora de diseñar los tanques y jaulas para el engorde del verrugato, deberán tenerse en cuenta los conocimientos que se han adquirido sobre el comportamiento de esta especie, ya que, tanto las larvas como los juveniles, no ocupan todo el volumen del tanque, sino que prefieren la superficie, el fondo y las paredes del mismo, dependiendo del estado de desarrollo; quizás deberían diseñarse tanques menos profundos con una mayor proporción «superficie del fondo y paredes/volumen de agua». Según las observaciones de Mylonas *et al.* (2000), el verrugato no es una especie apropiada para el cultivo en jaulas en mar abierto o en áreas demasiado expuestas a la acción del oleaje. Las jaulas deberían localizarse en lugares protegidos, expuestos a una suave acción de las olas y con una mayor relación «superficie de la red/volumen de agua».

Quizás el principal problema al que se puede enfrentar el cultivo de *Umbrina cirrosa* no sea un problema tecnológico, sino comercial, al no ser una especie muy conocida entre los consumidores de muchas zonas (como puede ser el caso de España). Sería muy conveniente realizar estudios de mercados potenciales para esta especie y poner en marcha estrategias de marketing para darla a conocer.



4.2.4. Conclusión

El cultivo de verrugato se encuentra aún en fase experimental. Los trabajos realizados hasta el momento muestran que es una especie que no presenta especiales dificultades técnicas para su cría en cautividad y, por tanto, se presenta como una alternativa interesante a los cultivos tradicionales de peces marinos. En algunos países mediterráneos es una especie poco conocida entre los consumidores y esto podría frenar su consumo en un primer momento. Se requieren estudios más profundos para establecer su cultivo a nivel industrial, así como un mejor conocimiento de sus posibilidades de mercado.

4.3. CORVALLO (*SCIAENA UMBRA*)

4.3.1. Introducción

4.3.1.1. Sistemática y denominaciones

4.3.1.1.1. Sistemática:

Cordados; Actinoptergios; Perciformes; Sciaenidae.

4.3.1.1.2. Denominaciones:

Nombre científico: *Sciaena umbra* (Linnaeus, 1758)

Sinónimos: *Sciaena nigra*; *Johnius umbra*; *Corvina umbra*; *Bairdiella umbra*

Nombres comunes según idiomas:

- Castellano o español: Corvallo, corvina.
- Catalán: Corball de roca, reig.
- Inglés: Brown meagre, corb.
- Francés : Corb commun, corb noir.
- Italiano: Corvo, corvina.
- Portugués: Roncadeira preta.

4.3.1.2. Morfología

El corvallo tiene el cuerpo alto y arqueado, más bien corto, comprimido lateralmente y con el vientre plano (Figura 12). Su coloración varía de gris oscuro a marrón oscuro pudiendo presentar reflejos metálicos o dorados. El borde de la parte posterior de la aleta dorsal y el de

la aleta caudal es oscuro, mientras que las aletas ventrales y anales son negras con los radios espinosos blancos. La boca, igual que ocurre en el verrugato, está situada en la parte inferior en posición subterminal y la mandíbula superior es protractil. La aleta dorsal está dividida en una parte anterior más alta, con 10 u 11 radios espinosos y una parte posterior con un radio espinoso y 23 a 26 radios blandos. La aleta anal tiene 2 radios espinosos y 7 radios blandos. La forma de la aleta caudal es característica, como si estuviera truncada. Las escamas que recubren el cuerpo y la nuca son ctenoideas mientras que el resto de la cabeza posee escamas cicloideas. Tiene una vejiga natatoria simple, con forma cónica alargada y sin apéndices. En el medio natural se han observado tallas máximas de 70 cm, siendo las más comunes de 35 cm.

4.3.1.3. Distribución y hábitat

Esta especie se distribuye por la costa Este del Atlántico desde el Canal de la Mancha hasta Senegal, incluyendo las Islas Canarias, y está presente en el Mediterráneo y en el Mar Muerto (Figura 13). Es una especie demersal que vive a profundidades de 20 a 180 m, principalmente sobre fondos rocosos y arenosos. Tiene hábitos nocturnos, ocupando cuevas u otros refugios o bien lechos arenosos cubiertos de vegetación donde pueda esconderse. Generalmente es un pez sedentario y gregario que se reúne en grupos de 4 a más de 30 individuos, siendo más activo durante la noche (Chao, 1986; Harmelin, 1991).

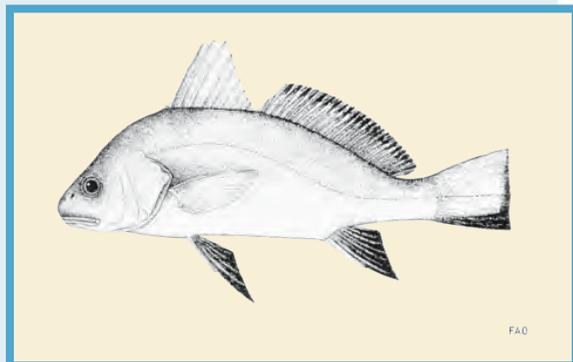


FIGURA 12.
Morfología externa del corvallo (*Sciaena umbra*).

FAO

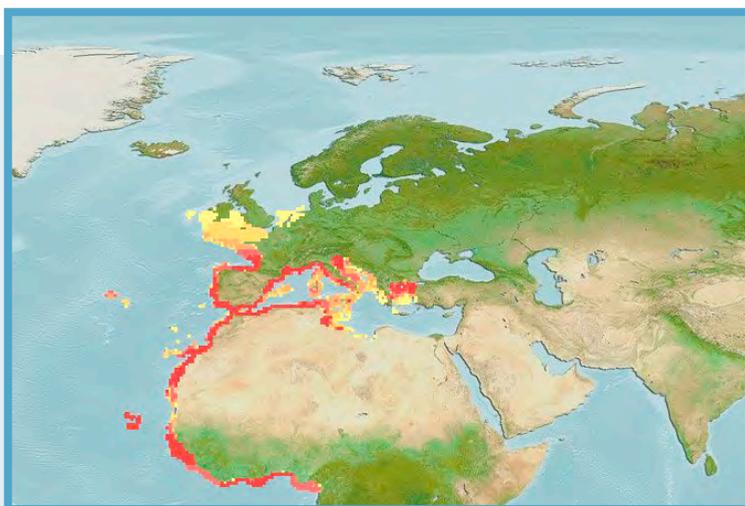


FIGURA 13.

Distribución del corvallo (*Sciaena umbra*). El gradiente rojo-amarillo indica la mayor-menor presencia. Fuente: www.fishbase.org

4.3.1.4. Biología

Los datos que se conocen acerca de la biología de esta especie en el medio natural, provienen de una serie de trabajos realizados en las costas de Túnez (Chakroun y Ktari, 1981; Chakroun-Marzouk y Ktari, 1985, 1998, 2001, 2003), Malta (Fiorentino *et al.*, 2001; Ragonese *et al.*, 2002, 2004), costa francesa del Mediterráneo (Harmelin, 1991; Harmelin y Marinopoulos, 1993), Mar Adriático (Fabi *et al.*, 1998; Frogliá y Gramitto, 1998; La Mesa *et al.*, 2008), aguas de las Islas Baleares (Grau *et al.*, 2009) y Mar Negro (Engin y Seyhan, 2009). Estos estudios han permitido conocer aspectos relacionados con su alimentación, reproducción, longevidad y crecimiento. Aunque los resultados son bastante similares, hay algunas diferencias debidas, seguramente, a los distintos métodos de estudio y a la diversa procedencia de los ejemplares estudiados.

Sciaena umbra se alimenta principalmente de crustáceos y pequeños peces. Se ha notado un cambio en las preferencias alimenticias a medida que el pez crece. Así, mientras que en sus primeros años la

dieta se compone casi exclusivamente de crustáceos, en los ejemplares más grandes, de 30 a 40 cm, la proporción de peces en su dieta aumenta considerablemente, especialmente en verano (Engin y Seyhan, 2009) (Figura 14).

La época de reproducción, en el Mediterráneo, se puede extender desde mayo hasta agosto, presentando un pico de actividad reproductiva en junio (Grau *et al.*, 2009). En un estudio realizado en el Mar Negro, la época de puesta quedó restringida a los meses de julio y agosto, cuando la temperatura del agua superaba los 20 °C (Chakroun-Marzouk y Ktari, 2003). Según Grau *et al.* (2009) el método empleado en el estudio del Mar Negro, mediante observaciones macroscópicas de las gónadas, es menos exacto que el examen histológico que ellos realizaron y, quizás, el periodo de puesta en el Mar Negro se prolongue más de lo que se estimó. De hecho, en otro trabajo realizado con

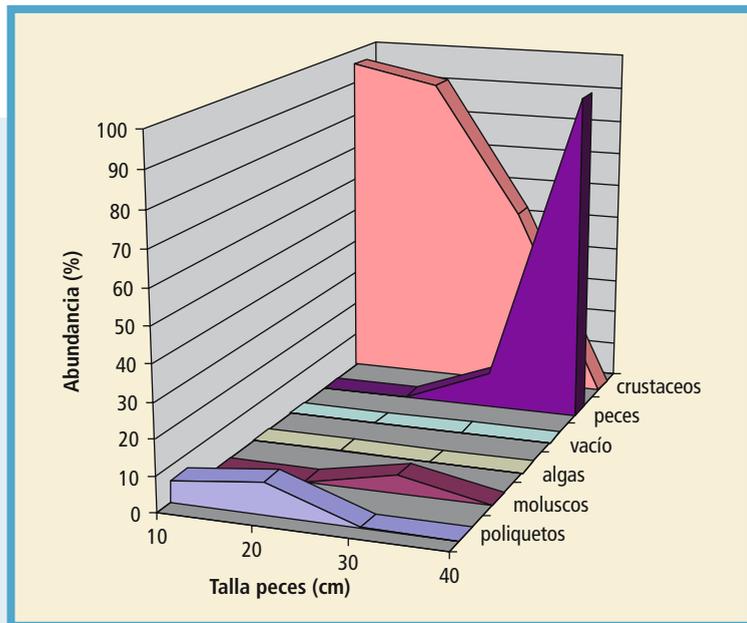


FIGURA 14.

Composición de la dieta alimenticia de *Sciaena umbra*, en verano, por tamaño de los peces, en la zona oriental del Mar Negro. (Adaptado de Engin y Seyhan, 2009).



peces del Mar Negro, el periodo de puesta se extendía desde principio de junio hasta final de agosto (Engin y Seyhan, 2009).

Es una especie gonocórica, con sexos separados, estacional, de múltiples puestas y desarrollo asincrónico de los ovocitos. En la figura 15 se puede observar un ovario en período de puesta donde la presencia de folículos postovulatorios, junto con una población heterogénea de ovocitos secundarios en desarrollo, indica que el corvallo pone más de una vez a lo largo de una estación. La talla de primera maduración sexual (a la cual el 50% de los peces están maduros) corresponde a una longitud total de 20 cm para los machos y 21-22 cm para las hembras (Chakroun-Marzouk y Ktari, 2003; Engin y Seyhan, 2009). Esta talla de primera madurez resultó bastante mayor en un estudio realizado en aguas de las Islas Baleares (25,4 cm para los machos y 29,9 cm para las hembras), probablemente debido a las diferencias en latitud y a la menor temperatura del agua (Grau *et al.*, 2009).

En ambos sexos la tasa de crecimiento es relativamente elevada durante los dos o tres primeros años de vida, hasta que alcanzan la madurez sexual. Posteriormente, esta tasa de crecimiento anual disminuye gradualmente hasta los seis o siete años de edad, permaneciendo muy baja a partir de entonces (La Mesa *et al.*, 2008). De la misma manera que ocurre con el verrugato, las hembras de esta especie tienden a

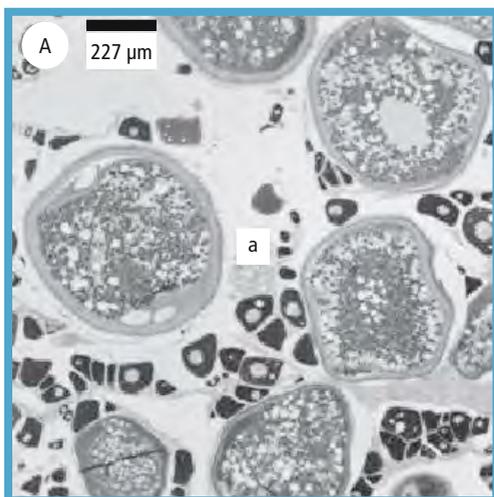


FIGURA 15.

Corte histológico de ovario de *Sciaena umbra* en estado de puesta. Se pueden observar folículos postovulatorios (a). (Fuente: Grau *et al.*, 2009).



ser mayores que los machos en tamaño a medida que pasa el tiempo, ya que su crecimiento es un poco más rápido que el de los machos. La longitud total máxima que se ha estimado para el corvallo es de 44,4 cm para los machos y 47,2-49,6 cm para las hembras (Fiorentino *et al.*, 2001; Chakroun-Marzouk y Ktari, 2003; La Mesa *et al.*, 2008). Sin embargo, Chauvet (1991) cita una hembra capturada en Túnez de 55 cm y Engin y Seyhan (2009) capturaron un ejemplar de 72 cm en el Mar Muerto, si bien estos tamaños se consideran casos excepcionales.

Sciaena umbra es una especie bastante longeva, con una esperanza de vida de más de 18 años. Las primeras estimaciones de longevidad del corvallo se realizaron mediante el estudio de escamas, resultando ser de 13 años para los machos y 16 años para las hembras (Chakroun-Marzouk y Ktari, 2003). Estudios posteriores que utilizaron la lectura de otolitos, dieron una estimación de 19 años para los machos y 16 para las hembras (La Mesa *et al.*, 2008). Este último método parece ser el más exacto a partir de una cierta edad y, por lo tanto, la lectura de escamas podría subestimar las edades de los peces con más años de vida. Se han registrado edades máximas de 21 años (Chauvet, 1991) y de 26 años (Fiorentino *et al.*, 2001).

4.3.1.5. Producción y mercados

Esta especie no es objeto de ninguna pesquería específica, sino que más bien constituye una captura asociada a la pesca de otras especies y su valor comercial varía según las localidades (Bauchot, 1987). En el Mediterráneo, es más abundante en la zona sur y en el este, donde constituye un componente relativamente importante de la pesca (Túnez, Turquía y Chipre), mientras que en las áreas del norte raramente se captura y no aparece en las estadísticas locales de pesca (Harmelin, 1991). Los stocks de *Sciaena umbra* en el Mediterráneo están reduciéndose debido a la sobrepesca semiindustrial, artesanal y deportiva (Bauchot, 1987; Harmelin y Marinopoulos, 1993). En Turquía, la pesca deportiva así como la pesca artesanal a pequeña escala de esta especie se ha estado practicando durante todas las épocas del año, debido a su precio normalmente elevado en los mercados de esta zona. Esto ha ocasionado un notable descenso en sus capturas en las dos últimas décadas y ha llevado a establecer medidas de regulación a partir del



año 2002, con el fin de proteger a los stocks locales (Engin y Seyhan, 2009). En la figura 16, que refleja los datos facilitados por la FAO, se puede apreciar la disminución en las capturas, especialmente a partir de 1995. Algo similar ha ocurrido en las Islas Baleares donde, debido a la vulnerabilidad del corvallo y su facilidad para dejarse atrapar por la pesca artesanal y deportiva, se le ha incluido en la lista de especies protegidas (BOIB 89, pág.74, 24/06/2004).

A la vista de la situación del corvallo en el Mediterráneo, la disminución de los stocks en muchas áreas y el descenso de sus capturas, el cultivo de esta especie puede ser interesante tanto para repoblar determinadas áreas naturales, como para diversificar la oferta en el mercado de peces cultivados.

4.3.2. Cultivo

Prácticamente no existen datos publicados acerca del cultivo de *Sciaena umbra*. Según Abellán y Basurco (1999), se han hecho algunos ensayos de cultivo de esta especie en empresas de Francia (Société

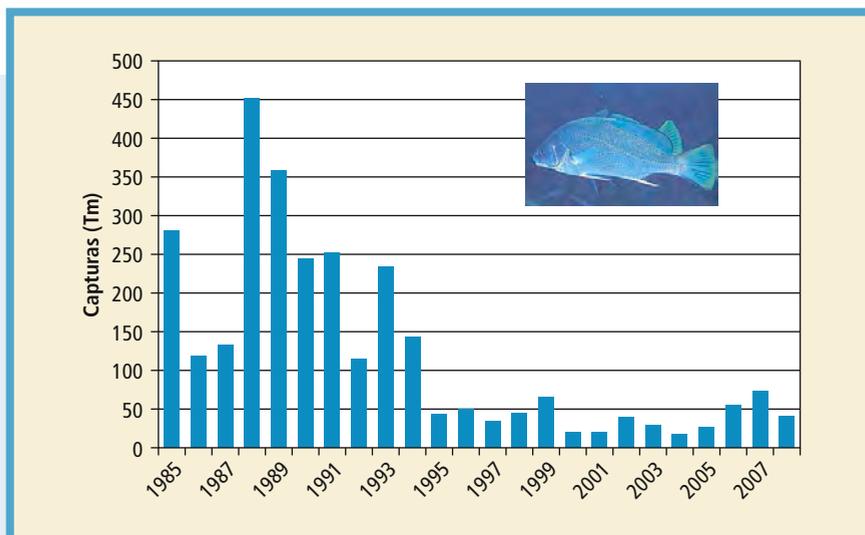


FIGURA 16.

Distribución de capturas de corvallo (*Sciaena umbra*) en Turquía. Fuente: Departamento de Pesca de la FAO.



3A SARL Antibes) e Italia (Ittica Mediterranea), pero no existen referencias de estos trabajos. Los reproductores procedían de individuos adultos capturados en el mar y mantenidos en tanques. El cultivo larvario presentó problemas en relación a los requerimientos nutricionales y régimen de alimentación. En cuanto al engorde, llevado a cabo en estanques, también resultó problemático con unas tasas de crecimiento bajas.

En Grecia se realizó un experimento de cultivo de corvallo, comparándolo con el cultivo de breca (*Pagellus erythrinus*) y de mero (*Epinephelus marginatus*), empleando la técnica de mesocosmos para las tres especies (Papandroulakis *et al.*, 2003). Los resultados finales que obtuvieron al final del experimento (90 días tras la eclosión) en cuanto a supervivencia y crecimiento, dieron una ventaja al corvallo respecto a las otras dos especies. La supervivencia para el corvallo fue del 35% y el peso de $6,3 \pm 1,9$ g. Estos resultados son buenos y, a primera vista, parece que el corvallo se adapta bien al cultivo pero aún es muy pronto para poder afirmar su adecuación a la cría en cautividad.

La única referencia en cuanto al engorde de corvallo en condiciones de cultivo, procede de un estudio realizado también en Grecia por Chatzifotis *et al.* (2006). En este experimento se alimentaron juveniles de corvallo, en condiciones de cultivo, con distintas dietas durante 77 días. Los peces pasaron de 5,3 g a 250 g de peso en 29 meses, lo que se considera un crecimiento lento si se compara con otras especies como la dorada o la lubina, que pueden alcanzar 400 g durante el mismo período. Hay que tener en cuenta que, en el caso de dorada y lubina, las técnicas de cultivo están ya consolidadas y se conocen con bastante precisión los requerimientos nutritivos y los factores ambientales necesarios para obtener óptimos resultados. Por el contrario, el cultivo de corvallo aún está en sus inicios, limitándose a unos pocos estudios experimentales, y se desconocen sus requerimientos tanto ambientales como nutricionales. Los peces aceptaron bien el pienso formulado en este experimento, resultando adecuado un contenido de 42% de proteína en la dieta. Los índices de supervivencia resultaron ser bastante buenos, sin apenas registrarse mortalidades.

El comportamiento de *Sciaena umbra* en los tanques y jaulas de cultivo, ha mostrado una gran semejanza con el observado para



Umbrina cirrosa. El corvallo, igual que el verrugato, también se concentra en el fondo y paredes del recinto de cultivo en lugar de ocupar todo el espacio de agua, y se agrupa formando densos bancos de peces. A lo largo del experimento de engorde en tanques, los peces se mantuvieron muy tranquilos y, la mayor parte del tiempo, permanecieron en las áreas sombreadas del fondo de los tanques. Únicamente nadaban hacia la superficie del agua para activar los dispensadores de alimento. Este comportamiento se corresponde con el que presenta la especie en el medio natural. Estas observaciones se deberán tener en cuenta a la hora de establecer las densidades de cultivo así como la forma y el volumen de los tanques y/o jaulas.

4.3.3. Perspectivas de cultivo

El corvallo es una de las especies de esciénidos contemplada como posible objeto de cría en cautividad para diversificar la oferta de peces marinos cultivados. En España, el único esciénido que se cultiva, y desde hace muy pocos años, es la corvina. La puesta a punto de las técnicas adecuadas para el cultivo de corvina ha sido muy rápida si se compara con otras especies como la dorada, lubina, rodaballo y, más recientemente, el besugo y el lenguado. Esta relativa facilidad en el cultivo de corvina se debe a las características de este esciénido que se adapta muy bien a las condiciones de cautividad. Otras especies de esta misma familia (*Sciaenops ocellatus*, *Umbrina cirrosa*) también han mostrado facilidad para ser cultivadas. En el marco de estas respuestas favorables de los esciénidos, el corvallo se apunta como otra especie de la misma familia que podría contribuir a ampliar la oferta de la piscicultura marina.

De igual manera que se ha citado para el caso del verrugato, el corvallo también presenta una serie de características favorables que hacen pensar en su idoneidad para ser incorporado a la piscicultura. Éstas son:

- La época de puesta (de mayo a agosto) es distinta a la de aquellas especies que se cultivan actualmente en el mediterráneo (dorada y lubina), que ponen en invierno y primavera. Esto permitiría rentabilizar las instalaciones de cultivo al poder utilizarse en distintas épocas del año para distintas especies.



- Los individuos capturados en el mar se adaptan bien a las condiciones de cautividad y aceptan el alimento que se les suministra, incluso piensos comerciales, sin especial dificultad.
- Es un pez tranquilo, que nada poco y permanece relativamente quieto en los tanques, en zonas sombreadas y protegidas. Estas características facilitan el manejo y la manipulación de los individuos y permiten mantener densidades elevadas en los tanques.
- En los pocos estudios que se han realizado hasta el momento, los índices de supervivencia han sido bastante buenos.
- El cultivo de *Argyrosomus regius*, especie que pertenece a la misma familia que el corvallo, está dando muy buenos resultados desde que se inició su cría en cautividad, hace muy pocos años. Esto puede ser un indicio de que también sea bueno el resultado que se pueda obtener en el cultivo de otras especies de la misma familia, como es el caso de *Sciaena umbra*.
- En algunos países como Turquía, Túnez y Chipre, es un pez apreciado por los consumidores y alcanza buenos precios en el mercado.

Sin embargo, las investigaciones acerca del cultivo de esta especie aún están en sus comienzos. Hasta el momento presente, se conoce poco sobre la respuesta del corvallo a los distintos factores ambientales así como sus necesidades nutritivas, siendo necesario ahondar en todos los aspectos que se relacionan con su biología y con las condiciones necesarias para su cría y engorde en cautividad.

4.3.4. Conclusión

El corvallo, *Sciaena umbra*, presenta buenas perspectivas como candidato a ampliar el número de peces marinos cultivados. Los pocos conocimientos que se tienen indican que se adapta bien a la cautividad, su crecimiento es aceptable, aunque menor que el del verrugato, y su carne es apreciada en los países en que se consume para alimentación humana.

Como la investigación acerca de esta especie se encuentra aún en los comienzos, es necesario abordar el estudio de todos los aspectos relacionados con su cultivo. Estas investigaciones permitirán valorar



con más precisión la posible idoneidad del corvallo para ser cultivado a nivel industrial.

4.4. AGRADECIMIENTOS

A Alicia García Alcázar por las correcciones y sugerencias aportadas.

4.5. BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÁN E. y BASURCO B. (Eds.). 1999. Marine finfish species diversification. Current situation and prospects in Mediterranean aquaculture. *Options Méditerranéennes Series B* 24: 139 pp.
- ARIZCUN M., ABELLÁN E. y GARCÍA-ALCÁZAR A. 2009. Primeros estudios sobre reproducción y cultivo larvario de verrugato (*Umbrina cirrosa* L.). En *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid, noviembre 2009: 518-519.
- BAGLOLE C.J., MURRIA H.M., GOFF G.P. y WRIGHT G.M. 1997. Ontogeny of the digestive tract during larval development of the yellowtail flounder: a light microscopy and mucous histochemical study. *J. Fish Biol.* 51: 120-134.
- BARBARO A., BOZZATO G., FANCIULLI G., FRANCESCON A., LIBERTINI A. y RINCHARD J. 1996. Maturità gonadica in *Umbrina cirrosa* (L.) riproduzione ed allevamento in attività. *Biol. Mar. Medit.* 3: 394-395.
- BARBARO A., FRANCESCON A. y LIBERTINI A. 1998. The shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.), an alternative for italian aquaculture: reproduction and gamete manipulation. *Biol. Mar. Mediterr.* 5: 1052-1061.
- BARBARO A., FRANCESCON A., BERTOTTO D. y BOZZATO G., DI MARIA, I., PATARNELLO, P., FURLAN, F. y COLOMBO, L. 2002. More effective induction of spawning with long-acting GnRH agonista in the shi drum, *Umbrina cirrosa*, L., (Sciaenidae, teleosti), a valuable candidate for Mediterranean mariculture. *J. Appl. Ichthyol.* 18: 192-199.
- BARBATO F., CANESE S., MORETTI F. y MISITI S. 1998. Development of reliable techniques for the cryopreservation of sperm from marine fish of economic interest. *Biol. Mar. Mediterr.* 5: 894-903.
- BASARÁN, F., MUHTAROGLU, C.G. y OZDEN, O. 2009. Spawning behaviour of shi drum (*Umbrina cirrosa*) after hormone administration. *J. Fish. Sci.* 3(2): 124-133.
- BATTAGLENE S.C. y TALBOT R.B. 1994. Hormone induction and larval rearing of mulloay, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces: Sciaenidae). *Aquaculture* 126: 73-81.
- BAUCHOT M. L. 1987: Poisson osseux. En: *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Revis. 1). Méditerranée et mer Noire Zone*



- de pêche 37, Vol. II. Vertébrés. Fischer W., Schneider M. y Bauchot M.L. (Eds). FAO, Rome: 761-1530.
- CANESE S., FRANCESCON A., BARBATO F. y BOZZATO G. 1999. Artificial fertilization by cryopreserved sperm in the shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.). *Biol. Mar. Mediterr.* 6 (1): 284-286.
- CARDELLINI P., ZANELLA S., FRANCESCON A., CORDENONSI M. y BARBARO A. 1998. Differentiation of the digestive tract in the shi drum, *Umbrina cirrosa* L., fish recently reared in Mediterranean aquaculture. *33rd International Symposium on New Species for Mediterranean Aquaculture*. 22nd-24th april 1998. Alghero. Italy.
- CARDELLINI P., FRANCESCON A., ZANELLA S., BOZZATO G., BENEDETTI P., BORGONI N. y BARBARO A. 1999. Captive rearing of shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.) in different thermal conditions. *Biol. Mar. Medit.* 6: 287-290.
- CHAKROUN N. y KTARI M.H. 1981. Régime alimentaire des Sciaenidae Poissons, Téléostéens) du golfe de Tunis. *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô* 8 : 69-80.
- CHAKROUN-MARZOUK N. y KTARI M.H. 1985. Reproduction de l'ombrine: *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758) et du corb: *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Poissons, Téléostéens) dans le golfe de Tunis (Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô* 12 : 63-78.
- CHAKROUN-MARZOUK N. y KTARI M.H. 1998. Cycle reproducteur et relations taille-poids chez *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 des côtes tunisiennes. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 35 : 398-399.
- CHAKROUN-MARZOUK N. y KTARI M.H. 2001. Age et croissance du corb méditerranéen (*Sciaena umbra* Linnaeus, 1758) des côtes tunisiennes. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 36 : 252.
- CHAKROUN-MARZOUK N. y KTARI M.H. 2003. Le corb des côtes tunisiennes, *Sciaena umbra* (Sciaenidae): cycle sexuel, âge et croissance. *Cybium* 27 : 211-225.
- CHAO L.N. 1986. Sciaenidae. En: *Fishes of the North Eastern Atlantic and Mediterranean*. Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. y Tortonese E. (Eds.), UNESCO, Paris: 865-874.
- CHATZIFOTIS S., VILLAMOR A., LIMBERIS N., PAPANDROULAKIS N. y DIVANACH P. 2006. First data on growth of cultured brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. *Fish. Sci.* 72: 83-88.
- CHAUVET C. 1991. Le corb ou brown meagre (*Sciaena umbra* Linnaeus, 1758). Quelques éléments de sa biologie. En: *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. Bouderesque C.F., Avon M. y Gravez V. (Eds.). GIS Posidonie Publication, Francia : 229-235.
- DOROUDI M.S., FIELDER D.S., ALLAN G.L. y WEBSTER G.K. 2006. Combined effects of salinity and potassium concentration on juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*, Temmicknck and Schlegel) in inland saline groundwater. *Aquacult. Res.* 37: 1034-1039.



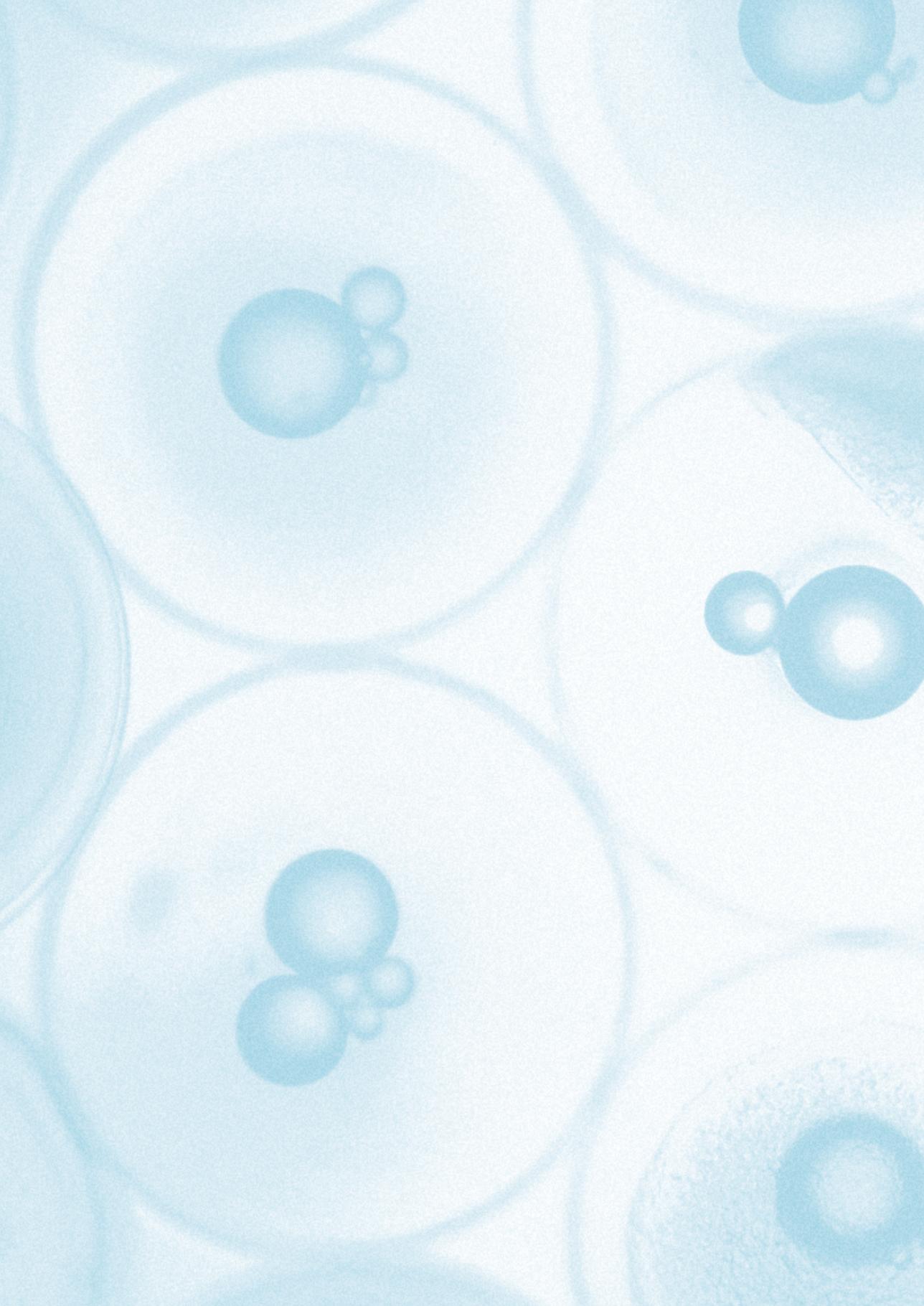
- ENGIN S. y SEYHAN K. 2009. Age, growth, sexual maturity and food composition of *Sciaena umbra* in the south-eastern Black Sea, Turkey. *J. Appl. Ichtyol.* 25: 96-99.
- FABI G. y FIORENTINI L. 1993. Catch and growth of *Umbrina cirrosa* (L.) around artificial reefs in the Adriatic Sea. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata* XI, 3-4: 235-241.
- FABI G., PANFILI M. y SPAGNOLO A. 1998. Note on feeding of *Sciaena umbra* (Osteichthyes: Sciaenidae) in the Central Adriatic Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 35: 426-427.
- FIELDER D.S. y BARDSLEY W. 1999. A preliminary study on the effects of salinity on growth and survival of mullet *Argyrosomus japonicus* larvae and juveniles. *J. World Aquac. Soc.* 30: 380-387.
- FIORENTINO F., CAMILLERI M., BONO G., GANCITANO S., GIUSTO G.B., RAGONESE S., RIZZO P. y ROSSO B. 2001. On a spawning aggregation of the brown meagre *Sciaena umbra* L., 1758 (Sciaenidae, Osteichthyes) in the Maltese waters (Sicilian Channel-Central Mediterranean). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 36: 266.
- FISCHER W., BAUCHOT M.L. y SCHNEIDER M. 1987. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de Pêche 37. Volume II. Vertébrés.* FAO. Roma : 761-1530.
- FROGLIA C. y GRAMITTO M.E. 1998. Osservazioni sull'alimentazione di *Sciaena umbra* ed *Umbrina cirrosa* (Pisces, Sciaenidae) in prossimità di barriere artificiali in Adriatico. *Biol. Mar. Medit.* 5: 100-108.
- GRAU A., LINDE M. y GRAU A.M. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces : Sciaenidae). *Sci. Mar.* 73 (1) : 67-81.
- GARDES L., VILLANOVE P., BUCHET V. y FAUVEL C. 2000. Induced spawning of red drum *Sciaenops ocellatus*: use of multivariate and univariate analysis methods in the search for side effects of LH-RHa treatments and ovarian development state upon spawn quality. *Aquat. Living Resour.* 13: 19-27.
- HARME LIN J.G. 1991. Statut du corb (*Sciaena umbra*) en Méditerranée. En: *Les espèces marines à protéger en Méditerranée.* Bouderesque C.F., Avon M. y Gravez V. (Eds.), GIS Posidonie Publication, Francia : 219-227.
- HARME LIN J.G., MARINOPOULOS J. 1993. Recensement de la population de corbs (*Sciaena umbra* Linnaeus, 1758: Pisces) du parc national de Port-Cros (Méditerranée, France) par inventaires visuels. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park* 15 : 265-276.
- HOLT G.J., HOLT S.A. y ARNOLD C.R. 1985. Diel periodicity of spawning in sciaenids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 27: 1-7.
- KOUMOUNDOUROUS G., MAINGOT E., DIVANACH P. y KENTOURI M. 2002. Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture* 209: 49-58.



- KOUMOUNDOUROS G., KOUTTOUKI S., GEORGAKOPOULOU E., PAPADAKIS I. y MYLONAS C. 2005. Ontogeny of the shi drum *Umbrina cirrosa* (Linnaeus 1758), a candidate new species for aquaculture. *Aquacult. Res.* 36: 1265-1272.
- LA MESA M., COLELLA S., GIANNETTI G. y ARNERI E. 2008. Age and growth of brown meagre *Sciaena umbra* (Sciaenidae) in the Adriatic Sea. *Aquat. Living Resourc.* 21: 153-161.
- MELOTTI P., RONCARATI A., GENNARI L. y MORDENTI O. 1995. Trials of induced reproduction and larval rearing of curb (*Umbrina cirrosa* L.). *Oebalia XXI*: 37-42.
- MIRANDA L.E. y SONSKI A.J. 1985. Survival of red drum fingerlings in fresh water: dissolved solids and thermal minima. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 39: 228-237.
- MYLONAS C., GEORGIU G., STEPHANOU D., ATACK T., AFONSO A. y ZOHAR Y. 2000. Preliminary data on the reproductive biology and hatchery production of the shi drum (*Umbrina cirrosa*) in Cyprus. *Cah. Options Méditerran.* 47: 303-312.
- MYLONAS C., KYRIAKOU Y., SIGELAKI I., GEORGIU G., STEPHANOU D. y DIVANACH P. 2004. Reproductive Biology of the shi drum (*Umbrina cirrosa*) in captivity and induction of spawning using GnRH α . *The Israeli Journal of Aquaculture* 56 (2): 77-94.
- MYLONAS C., PAVLIDIS M., PAPANDROULAKIS N., ZAISS M.M., TSAFARAKIS D., PAPADAKIS I. E. y VARSAMOS S. 2009. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. *Aquaculture*, 287: 203-210.
- NELSON J.S. 1994. *Fishes of the World*. 3rd Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- PAPADAKIS I.E., ZAISS M.M., KYRIAKOU Y., GEORGIU G., DIVANACH P. y MYLONAS C. 2009. Histological evaluation of the elimination of *Artemia* naupli from larval rearing protocols on the digestive system ontogeny of shi drum (*Umbrina cirrosa* L.). *Aquaculture* 286: 45-52.
- PAPANDROULAKIS N., KENTOURI M., STEFANAKIS S., PAPADAKIS I., MAINGOT E., SFAKAKI E. y DIVANACH P. 2003. Rearing of three Mediterranean species (*Pagellus erythrinus*, *Sciaena umbra*, *Epinephelus marginatus*) with the Mesocosm technology in summer. *7 th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries. Abstracts*. Chersonissos, Greece, 6-9 May 2003.
- PASTOR GARCÍA E., GRAU JOFRE A., MASSUTI PASCUAL E. y SÁNCHEZ-LAMADRID A. 2002. Preliminary results of growth of meagre, *Argyrosomus regius*, in sea cages and indoor tanks. En: *Aquaculture Europe 2002*. (Basurco B. y Saroglia M. (Eds.) p. European Aquaculture Society, Trieste (Italia): 422.
- POLI B.M., PARISI G., ZAMPACAVALLO G., IURZAN F., MACATTI M., LUPI P. y BONELLI A. 2003. Preliminary results on quality and quality changes in reared meagre (*Argyrosomus regius*): body and fillet traits and freshness changes in refrigerated commercial-side fish. *Aquaculture International* 11: 301-311.
- RAGONESE S., CAMILLERI M., GANCITANO S., RIZZO P., BONO G. y FIORENTINO F. 2002. Evaluating age at sexual maturity in *Sciaena umbra* L. 1758 (Osteichthyes, Sciaenidae) on the basis of otolith microstructure. *Biol. Mar. Medit.* 9: 789-791.

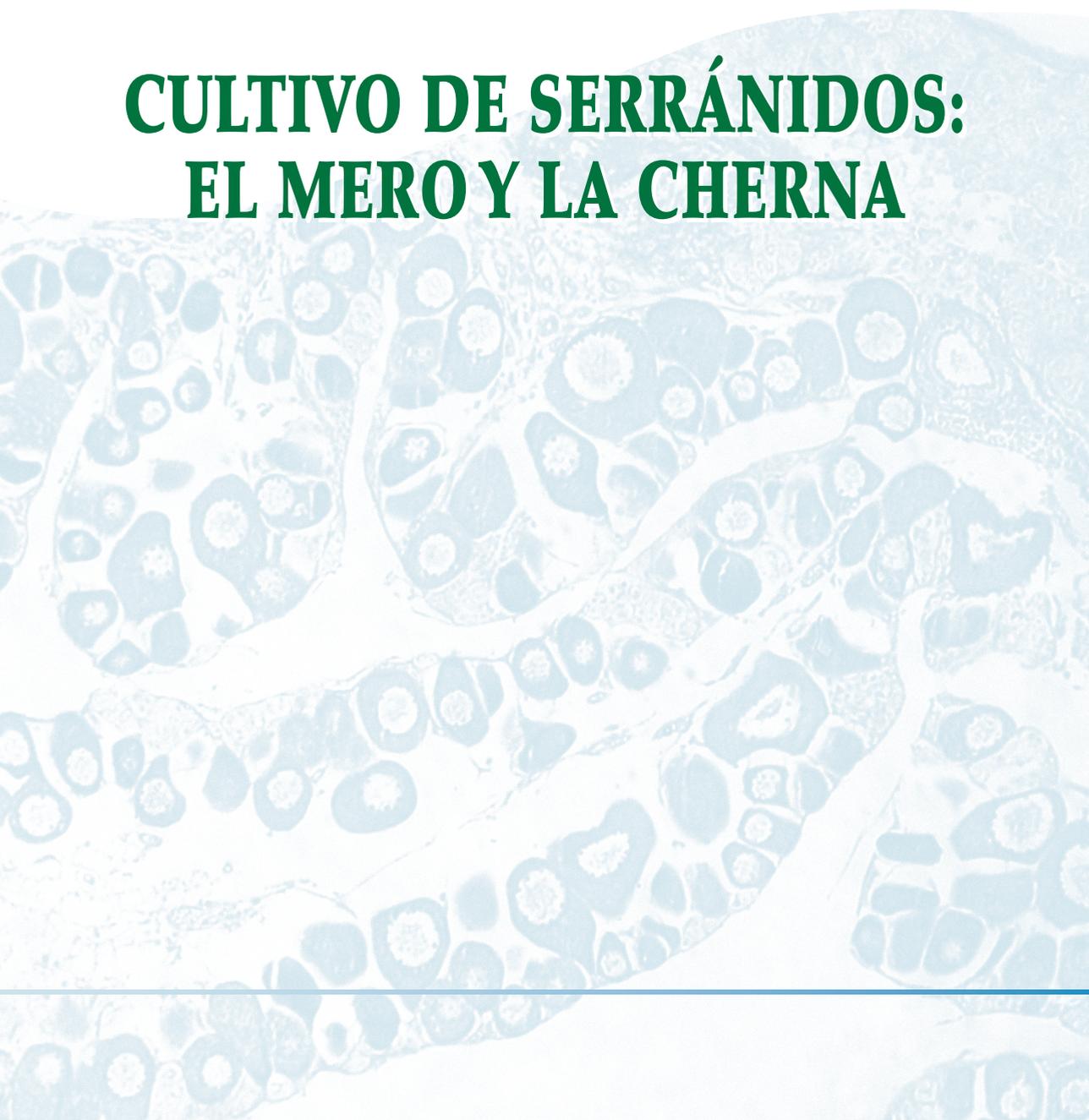


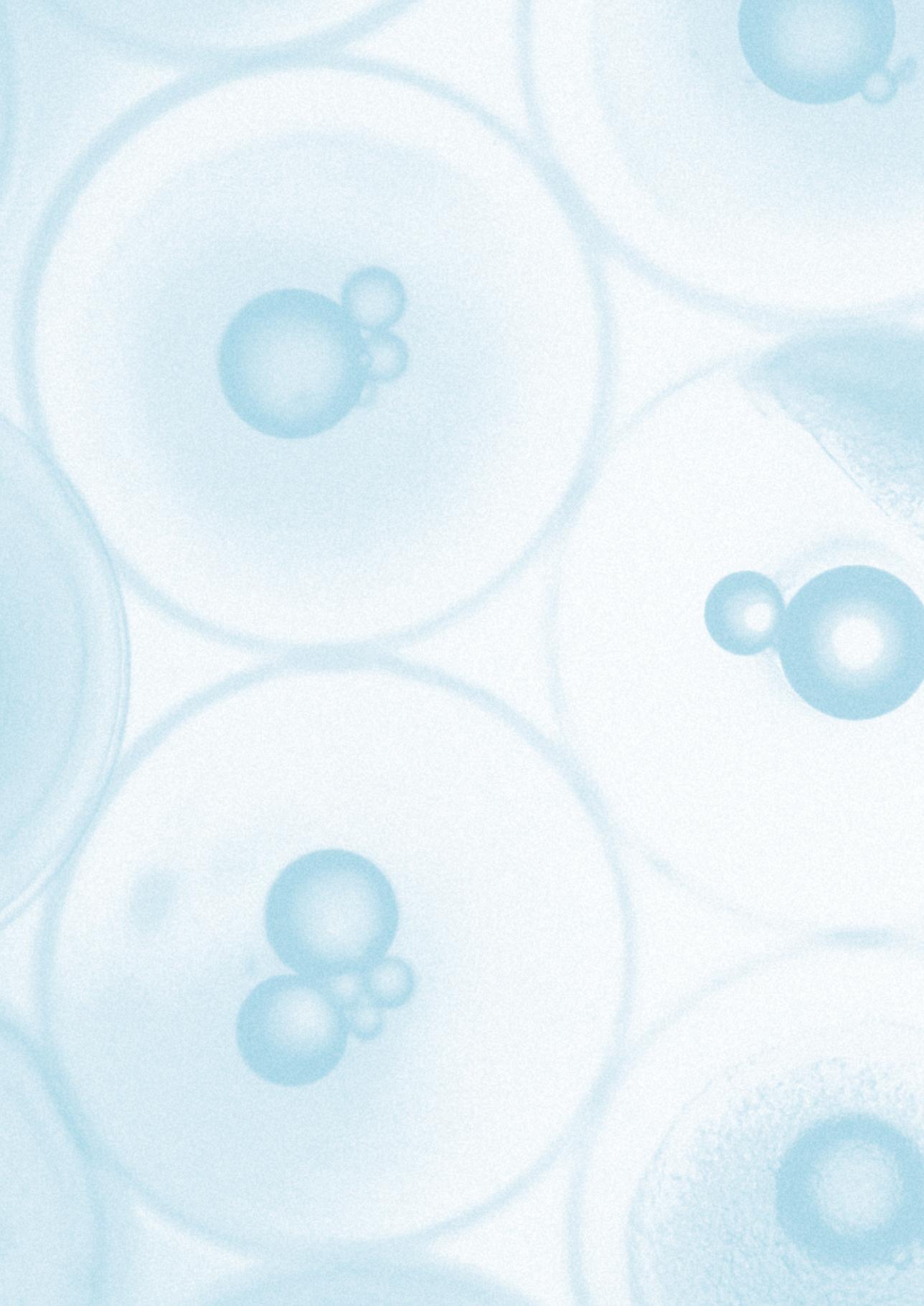
- RAGONESE S., GANCITANO S., CAMILLERI M. y LEVI D. 2004. An integrate analysis of size at age data of *Sciaena umbra* L. 1758 (Osteichthyes, Sciaenidae) of the Central Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Medit.* 11: 612-616.
- RIBEIRO L., SARASQUETE C. y DINIS M.T. 1999. Histological and histochemical development of the digestive system of *Solea senegalensis* (Kaup, 1858) larvae. *Aquaculture* 171: 293-308.
- SARASQUETE M.C., POLO A. y YÚFERA M. 1995. Histology and histochemistry of the development of the digestive system of larval gilthead seabream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture* 130: 79-92.
- SEGNER H., STORCH V., REINECKE M., KLOAS W. y HANKE W. 1994. The development of functional digestive and metabolic organs in turbot *Scophthalmus maximus*. *Mar. Biol.* 119: 471-486.
- STROBAND H.W.J. y KROON A.G. 1981. The development of the stomach in *Clarias lazera* and the intestinal absorption of protein macromolecules. *Cell Tissue Res.* 215: 397-415.
- THOMAS P., ARNOLD C.R. y HOLT G.J. 1995. Red drum and other sciaenids. En: *Broodstock Management and Egg and Larval quality*. Bromage N.R. y Roberts, R.J. (Eds) Blackwell Scientific Publisher, Oxford, UK: 118-137.
- VATSOS I.N., YIAGNISIS M. y KARAKOSTAS I. 2006. Ceratomyxa spp. (Myxosporea) infection in cultured shi drum (*Umbrina cirrosa*) and cultured brown meagre (*Sciaena umbra*) from Greece. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 26(2): 93-96.
- ZAISS M.M., PAPADAKIS I.E., MAINGOT E., DIVANACH P. y MYLONAS C. 2006. Ontogeny of the digestive tract in shi drum (*Umbrina cirrosa* L.) reared using the mesocosm larval rearing system. *Aquaculture* 260: 357-368.



5

CULTIVO DE SERRÁNIDOS: EL MERO Y LA CHERNA





CULTIVO DE SERRÁNIDOS: EL MERO Y LA CHERNA

José Benito Peleteiro Alonso¹
M.^a Ángeles Bruzón Gallego²

¹ Centro Oceanográfico de Vigo.

Instituto Español de Oceanografía

² IFAPA. Centro El Toruño

Resumen

Dentro del grupo de peces de la familia Serranidae, destacan dos especies por sus especiales características para ser cultivadas: el mero *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) y la cherna *Polyprion americanus* (Schneider, 1801)

Ambas especies tienen una amplia distribución geográfica en nuestras costas, un precio muy alto en el mercado y una gran aceptación por el consumidor. Además, estas especies han estado sometidas a una fuerte presión por parte de las pesquerías deportivas y artesanales, lo que junto a su escasez en el medio natural, las hacen además candidatas a futuros programas de repoblación, si fuera necesario, por lo que su cultivo contribuiría a aliviar la presión sobre estos recursos.

Las investigaciones llevadas a cabo con estas especies, han demostrado que si bien con ciertas dificultades, son cultivables. Existe abundante información con respecto a su biología, comportamiento y estadística pesquera, que procede fundamentalmente de las pesquerías. No ocurre lo mismo con respecto a su comportamiento en cultivo, donde no existe todavía mucha información, a pesar de que la que existe es prometedora, al tratarse de especies de rápido crecimiento y fácil manejo. En el caso del mero, a pesar de que se ha logrado su cultivo en todas las fases, su cultivo a escala industrial todavía no está a punto. En el caso de la cherna todavía no se ha



conseguido completar el ciclo de producción, a pesar de las grandes posibilidades que presenta.

Estas especies tienen una gran aceptación por el consumidor, la reconocida calidad de la carne y el amplio mercado, tanto nacional como internacional, la hacen firmes candidatas a ocupar un puesto predominante en el desarrollo de la acuicultura marina.

La cherna (*Polyprion americanus*) es uno de los peces de la familia Serranidae de mayor tamaño, llegando a alcanzar los 100 kg. Es una especie de amplia distribución geográfica, prácticamente esta distribuida por todo el mundo, excepto en la zona del Ecuador (latitudes de aguas más cálidas). Tiene un rápido crecimiento y alcanza la madurez sexual partir de los 10 años. La duración de la fase juvenil es muy larga, lo que le proporciona un gran valor añadido desde el punto de vista de la acuicultura. Es además una especie muy apreciada desde el punto de vista gastronómico en los países en los que se pesca y tiene un precio en el mercado alto y estable, lo cual también es una gran ventaja con vistas a la acuicultura, al ser una especie con gran potencial exportador.

Existe una gran cantidad de información bibliográfica sobre esta especie, pero prácticamente toda es sobre las pesquerías, aunque ya hay información suficiente con respecto a alguna de las fases de su cultivo como para poder asegurar que se trata de una especie con un gran potencial en acuicultura.

Desde el punto de vista de su cultivo, se han conseguido avances en la información sobre su comportamiento en cautividad, tanto desde el punto de vista de su reproducción (se han conseguido ya puestas en cautividad), como del engorde, caracterización genética y patología. Además se han realizado estudios del desarrollo gonadal, descripción de los gametos y niveles de esteroides (estradiol y 11-ketotestosterona) durante el periodo de maduración gonadal.

El mero (*Epinephelus marginatus*) se distribuye por el Este del Océano Atlántico, desde las Islas Británicas hasta el Sur de África, a lo largo de la Costa de Brasil y en todo el Mediterráneo (Randall y Heemstra, 1993). Es una especie hermafrodita proterogina que habita los fondos rocosos desde 1 a 200 m de profundidad. La época de puesta en el Sur de España tiene lugar entre junio y septiembre. Se han obte-



nido puestas artificiales mediante inducción hormonal con D-Trp6-LHRH (20-40 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y puestas naturales. El tamaño de los huevos es de $842,83 \pm 21,75 \mu\text{m}$, y la talla de las larvas recién eclosionadas es de $2\ 146,07 \pm 17,09 \mu\text{m}$. El porcentaje de fecundación fue del 20 % en las puestas naturales y del 3 % en las artificiales. La supervivencia larvaria fue del 10 % al día 40 de vida. El preengorde se inició con alevines de 60 días y finalizó a los 120 días con un peso medio de $11,84 \pm 3,33 \text{ g}$. El engorde se dividió en tres fases: la primera hasta los 6 meses, cuando alcanzaron un peso de unos 26 g, la segunda hasta los 500 g y una tercera fase, realizada en tanques y en jaulas, donde están engordando aproximadamente 1 k por año.

Palabras clave: Cherna, Mero, *Polyprion americanus*, *Epinephelus marginatus* cultivo, nuevas especies, reproducción puesta diversificación.

Abstract

Within the family Serranidae, two species, the grouper (Epinephelus marginatus) (Lowe, 1834) and the Atlantic Wreckfish (Polyprion americanus) (Schneider, 1801), have special interest because of some characteristics that make them suitable for aquaculture.

Both species have wide distribution in Spain, high market price and excellent acceptance by the consumers. Furthermore, they have been subjected to considerable pressure from commercial fisheries, as well as sports and artisanal fisheries. This, together with their low abundance in nature, makes them potential candidates for stocks enhancement programs, and the culture of both species could contribute to lower the pressure on these valuable aquatic resources.

Preliminary research on these two species has demonstrated that their culture is possible, although with a certain degree of difficulty. There is abundant information on their biology, behaviour and fisheries, mainly from oceanographic and fisheries surveys. By the contrary, little information is available concerning their behaviour in captivity, although information available is consistent, due to their fast growth and tolerance to handling. Although for the grouper, the life cycle has already been closed, culture technology still



needs to be further developed. In case of Atlantic Wreckfish life cycle has not yet been achieved in captivity.

Both species have high acceptance by the consumers and their meat quality is fully recognized, both in Spain and abroad, which makes them important candidates for the diversification of marine aquaculture.

*Atlantic wreckfish (*Polyprion americanus*) is one of the larger species within the Serranidae family, reaching 100 kg in weight. It has worldwide distribution, except in the Equador, due to the high water temperatures. This species has a fast growth, and reaches sexual maturity after 10 years. Juvenile phase is long, which is beneficial from an aquaculture perspective. This species is also very appreciated in areas where it is captured, and their market price is high, which are also advantages for the aquaculture perspective and their exportation potential.*

There is abundant information on the biology of this species, although the majority is provided from fisheries studies. Nevertheless, there is some information available regarding some specific culture phases for this species, which indicate its high aquaculture potential.

Perspectives from the aquaculture point of view are interesting, and spawning in captivity has already been obtained. Some important information is also available on behaviour in captivity, reproduction, on-growing, genetic characterization and pathology. Furthermore, studies have been conducted on gonad development, gametal description and steroid levels (estradiol and 11-ketotestosterone) during gonad maturation.

*The dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) is a Serranidae which belongs to a group of fishes with considerable economic importance. *E. marginatus* is spreaded in the East Atlantic Ocean, from the British Islands to the southern tip of Africa, all along the Brazil Coast and throughout the Mediterranean Sea (Randall and Heemstra, 1993). The dusky grouper is a protogynus hermaphrodite fish inhabitant of rocky bottoms from 1 to 200 m depth. The spawning in the South of Spain takes place between June to September. Eggs were obtained by inducing artificial hormone D-Trp6-LHRH (20-40 mg / kg) and natural spawning. The egg size is $842.83 \pm 21.75 \mu\text{m}$. The size of newly hatched larvae is $2146.07 \pm 17.09 \mu\text{m}$. The fertilization rate was 20 % in natural spawn-*



ing and 3 % in the artificial ones. Larval survival at day 40 was 10%. The pre-growing began with 60 days and ended at 120 days with an average weight of 11.84 ± 3.33 g. The growing was divided into three phases: the first one up to 6 months achieved a weight of 26 g, the second one up to 500 g, and the third phase, in tanks and cages, where they are growing about 1 kg per year.

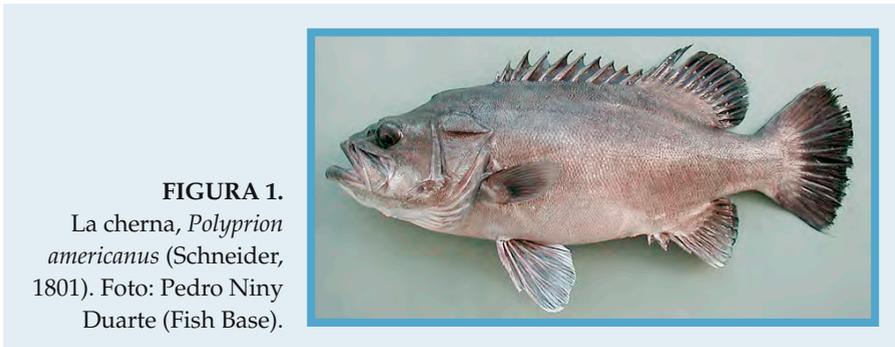
5.1. LA CHERNA: *Polyprion americanus* (SCHNEIDER, 1801)

5.1.1. Introducción

La cherna (*Polyprion americanus*, Schneider, 1801) pertenece a la familia de los Serránidos. Existen tres especies próximas a la cherna, el *Polyprion oxygeneios* (con un área de distribución localizada en América del Sur, Australia y Océano Indico), el *Polyprion mocone* (en Australia y Nueva Zelanda) y el *Polyprion yaneri* (en las costas de Chile). Es una especie próxima al mero, tiene el cuerpo robusto de aspecto ovalado y la altura está comprendida unas tres veces el largo total. Escamas de pequeño tamaño recubren todo el cuerpo incluyendo la cabeza y las bases carnosas de las aletas dorsal y anal. La línea lateral se inicia al comienzo de la abertura branquial y recorre los flancos siguiendo el perfil dorsal del cuerpo. Dispone de opérculos cortantes y de ahí su nombre (*polus* = varios, *prion* = sierra) (Fig. 1).

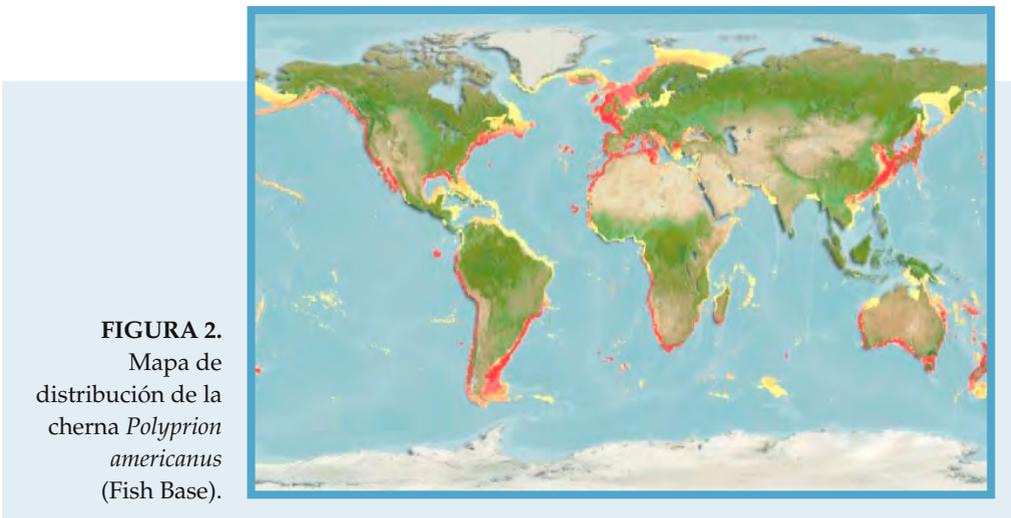
Existen sin embargo tres stocks de cherna diferenciados genéticamente y localizados en el Atlántico Norte y Mediterráneo, Brasil y Pacífico Sur (Australia y Nueva Zelanda) (Ball *et al.*, 2000). Un reciente estudio realizado por Tsiménides *et al.*, (2001) ha confirmado una fuerte semejanza entre los stocks del Mediterráneo y el Atlántico.

El área de distribución es muy amplia y excepto en latitudes tropicales, se distribuye en el Atlántico este desde Noruega a África del sur incluido el Mediterráneo, y en el oeste desde Canadá hasta Argentina, sur del Océano Indico y Oeste del Pacífico (Australia y Nueva Zelanda) (Sedberry *et al.*, 1999) (Fig. 2).



Su carne es muy apreciada y conocida en toda Europa, en Francia se le conoce como *cernier*, en Portugal como *cherne*, en Italia como *cernia di fondale*, y en el Reino Unido como *wreck fish*, este último nombre está relacionado con el hábito de la especie, de esconderse debajo de los objetos flotantes en fases juveniles (Sedberry *et al.*, 1999; Deudero y Morales-Nin, 2000).

Viven en profundidades comprendidas entre los 100 y los 1 000 metros, no obstante, los juveniles viven en aguas superficiales, migrando en profundidad al alcanzar estadios adultos entre los 56 y 65 cm (Tsiménides *et al.*, 2001; Suquet y La Pomélie, 2002).





A pesar de que algunos autores han considerado a esta especie hermafrodita (Day, 1880; Jones, 1980), no se han encontrado nunca juntos en un mismo ejemplar tejidos procedentes de gónadas masculinas y femeninas, lo que llevó a Roberts (1989) a establecer el gonocorismo de ésta especie. A partir de los 8 años (90 cm) todos los animales han alcanzado la madurez (Sedberry *et al.*, 1999). En el Mediterráneo los machos alcanzan la primera madurez sexual a los 69 cm y las hembras a los 77 cm; a pesar de esto, no se ha observado dimorfismo sexual entre machos y hembras (Tsiménides *et al.*, 2001). En términos generales, la longitud media de las hembras es superior a la de los machos (Wyansky, 1994; Sedberry *et al.*, 1999). Sin embargo Roberts (1989) no observa diferencia entre la talla de los machos y de las hembras. Brick y Klippel (2003) la definen como una especie dioica con maduración sexual tardía (10-11 años) y con un ciclo reproductivo anual y sincronizado, con la vitelogénesis en otoño y la puesta en invierno y principios de primavera. El número de ovocitos liberado por hembra oscila entre 2 y 7 millones, aumentando con el tamaño de la hembra.

Existe una gran cantidad de información relacionada con su pesca, fundamentalmente en la costa brasileña (Brick y Haimovici, 1998, Cergole *et al.*, 2005), biología (Brick, 2000), reproducción (Brick *et al.*, 2003), edad y crecimiento (Sedberry *et al.*, 1999; Brick *et al.*, 2004), alimentación (Brick y Klippel, 2003), capturas y comportamiento (Glukhov *et al.*, 1982), patología (Katharios *et al.*, 2006), e incluso en cuanto a su caracterización genética (Sedberry *et al.*, 1996; Ball *et al.*, 2000); sin embargo no hay prácticamente información publicada en cuanto a su cultivo.

La alimentación en el medio natural es a base de cefalópodos (47 %), peces (37 %) y crustáceos (16 %). Haimovich *et al.*, (1994) señalan que los adultos se alimentan básicamente de peces, cangrejos y calamares.

El cultivo de la cherna se plantea como una de las opciones más viables dentro de las nuevas especies a desarrollar en el ámbito de la acuicultura comercial. Su rápido crecimiento, las especiales características relacionadas con su manejo, su precio en el mercado y su escasez en nuestras costas, así como la homogeneidad genética de los stocks



existentes (Sedberry *et al.*, 1996; Ball *et al.*, 2000), el alto índice de crecimiento durante la fase pelágica (Kentouri *et al.*, 1995; Papandroulakis *et al.*, 1997), y la dilatada fase de crecimiento juvenil, la hacen aparecer como una de las más firmes candidatas a la diversificación de especies en acuicultura marina en nuestro país.

Uno de los principales problemas que presenta esta especie para su cultivo es la edad de primera maduración (Suquet *et al.*, 2001); de hecho la transición de la fase pelágica a la bentónica, está asociada a la edad de primera maduración y a cambios fisiológicos y de comportamiento. Estos cambios los realiza cuando alcanza los 65 cm de talla y se reproduce a 450-850 m de profundidad, entre 6 y 12 °C de temperatura.

No obstante, ya se han llevado a cabo experiencias con éxito en la reproducción de esta especie en Creta (Grecia), en donde los reproductores fueron mantenidos a 15 °C con luz atenuada y fotoperiodo natural (Papandroulakis *et al.*, 2008).

En España, hasta el momento, se han llevado a cabo algunas experiencias en cautividad en empresas y centros de investigación, que han aportado una información muy valiosa en cuanto a la captura, aclimatación y crecimiento de ejemplares salvajes. Esta información coincide con la publicada al respecto, procedente de las pesquerías comerciales (Machias *et al.*, 2003; Papandroulakis *et al.*, 2004; Ball *et al.*, 2000; Sedberry *et al.*, 1996, Brick y Haimovici, 2004).

Los precios en primera venta de esta especie llegan en ocasiones a sobrepasar los 40 €/kg, aunque los valores medios de venta rondan los 13 €/kg de precio medio. Estas cifras de venta así como la aceptación por parte de los consumidores, sostienen el interés de esta especie desde el punto de vista de la acuicultura.

Dado que en la estadística pesquera con respecto a esta especie no siempre es exacta, debido fundamentalmente a la utilización en algunas comunidades del término cherna por mero y viceversa, a modo de ejemplo se reproduce la estadística de la CA de Galicia, que a pesar de utilizar la terminología del mero, se especifica claramente la especie como el *Polyprion americanus* (Fig. 3). En dicha figura es fácil observar la presión a que ha estado sometida la pesquería en los últimos años, lo cual sitúa a esta especie como candidata a futuros programas de repoblación.

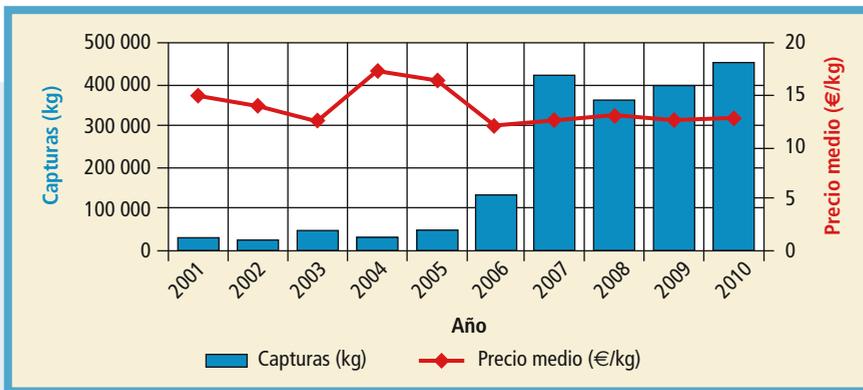


FIGURA 3.

Capturas y precios de la cherna (mero) en el período 2001-2010, en la Comunidad Autónoma de Galicia (www.pescadegalicia.com).

5.1.2. Cultivo

5.1.2.1. Reproducción y puesta

Las experiencias relacionadas con la fase de reproducción llevadas a cabo con esta especie, han demostrado su viabilidad en cuanto a su cultivo, habiéndose obtenido en algún caso puestas viables. Todas ellas se han llevado a cabo fundamentalmente en aguas del Mediterráneo, del Atlántico y del Pacífico Sur.

Los ejemplares fueron capturados en el medio natural de formas diferentes: mediante pesca tradicional con anzuelo, a profundidades entre 150 y 400 m en zonas de rocas o restos de naufragios, localizándolos y capturándolos bajo objetos flotantes (estos últimos en estadios más juveniles), o con redes de pesca tipo long line (Papandroulakis *et al.*, 2004). En el caso de los ejemplares capturados a grandes profundidades, fue necesario pinchar el abdomen para deshinchar la inflación de la vejiga natatoria y, en el caso de exoftalmia, se les aplica un tratamiento con un corticoide ocular (Papandroulakis *et al.*, 2004). En cualquiera de los casos fueron trasladados a las instalaciones de acuicultura y adaptados a cautividad siguiendo los protocolos al uso de cuarentena y adaptación a alimentación inerte (Fig. 4). La información de individuos de esta especie en cautividad es muy reducida,

posiblemente debido a la dificultad de obtener individuos salvajes, y a que en los estadios adultos viven a grandes profundidades.

La alimentación de los reproductores de cherna varia dependiendo de los centros en donde se realiza, pero son similares a las habituales para el mantenimiento de los stocks de reproductores. Por un lado se han alimentado con pellets semihúmedos elaborados a base de harina de pescado, aceite de pescado, calamar, mejillón y un complejo vitamínico (Peleteiro *et al.*, 2010), y por otra parte se ha utilizado pescado troceado, mezclando pescado azul (caballa, sardina) y blanco de forma alternativa, y calamar o camarón. En algún caso se ha utilizado también pienso comercial de rodaballo y caballa (Suquet y La Pomèlie, 2002; Peleteiro *et al.*, 2010). La alimentación se suministró de forma general 3 veces por semana, aunque en algunas ocasiones se hizo diariamente. La alimentación es muy bien aceptada, ya sean piensos secos o semihúmedos o pescado troceado, pues son peces muy voraces que raramente dejan de comer, excepto en ocasiones excepcionales (Fig. 5). Son peces muy sensibles a las temperaturas extremas, dejando de comer a temperaturas por debajo de 12 °C o por encima de 18 °C, reanudando la ingesta al recuperar las condiciones favorables.

Respecto al mantenimiento de la temperatura del stock de reproductores, también existe información diferente: Papandroulakis *et al.* (2008) mantuvieron el stock a 15 ± 1 °C y obtuvieron puestas natu-

FIGURA 4.
Grupo de juveniles
de cherna
(≈ 1 kg), en las
instalaciones del
Instituto Gallego
de Formación
en Acuicultura
(IGAFA) en la
Isla de Arosa
(Pontevedra).





FIGURA 5. Juveniles de cherna en cautividad comiendo pienso seco comercial de rodaballo en las instalaciones del IGAGA en la Isla de Arosa (Pontevedra).

rales e inducidas con hormonas; sin embargo otros stocks mantenidos a temperatura ambiente, entre 10 y 20 °C, no se han reproducido hasta ahora en condiciones de cautividad (Suquet y La Pomèlie, 2002). Por otra parte, la iluminación se ha mantenido en condiciones naturales, con intensidad de luz amortiguada en todos los casos (Fig. 6).

Los reproductores son fácilmente manejables a pesar de su gran tamaño (Fig. 7), generalmente por encima de los 10 kg de peso, y



FIGURA 6. Tanque de reproductores de cherna del Centro Oceanográfico de Vigo del IEO.

responden muy bien al anestésico utilizando concentraciones de 0,3 ml/l de fenoxietanol, permitiendo su manipulación sin problemas para los estudios morfométricos, e incluso operaciones como marcado con microchips o la extracción de sangre para determinación de esteroides e identificación genética (Fig. 8) (Peleteiro *et al.*, 2010). La recuperación de la anestesia es muy rápida y no deja secuelas aparentes posteriores como pérdida apetito, stress, morbilidad, etc. (Fig. 9).

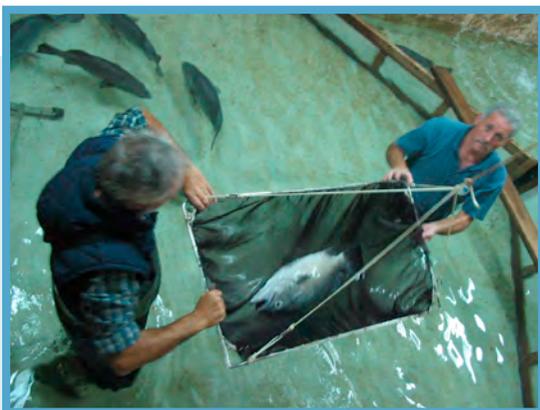


FIGURA 7.

Muestreo y manejo de reproductores de chernas en el Centro Oceanográfico de Vigo (IEO).



FIGURA 8.
Extracción de sangre de reproductores para el control hormonal de los reproductores de chernas del Centro Oceanográfico de Vigo (IEO).





FIGURA 9.

Anestesiado de reproductores para el muestreo en el CO de Vigo (IEO).

La gametogénesis fue estudiada por Pandroulakis *et al.* (2004), en un lote de individuos salvajes de $11,7 \pm 3,7$ kg de peso medio, con biopsias ováricas y muestras de sangre, en las que fueron analizados los esteroides en plasma. Se observó un incremento del diámetro de los ovocitos en hembras desde agosto a enero, mientras que los niveles de estradiol en el plasma también se incrementaron, pero desde octubre a marzo.

La utilización de la hormona GnRH propuesta por Zohar y Mylonas (2001) ha supuesto el desbloqueo de la reproducción en esta especie y, a pesar de que no se han conseguido puestas viables espontáneas en cautividad, su utilización fue efectiva para conseguir producir gametos viables y embriones. Así Fauvel *et al.* (2008) en las instalaciones del IFREMER en Brest, utilizaron implantes de $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en hembras sin atresia, consiguieron la vitelogénesis en 1,5 meses (diámetro de los ovocitos: $1\ 400 \mu\text{m}$). Además, una dosis adicional de $33 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de GnRH, provocó un pico de estradiol, una rápida hidratación y la ovulación en 7 días, pero no puestas. Los huevos extraídos por presión abdominal (diámetro = $2\ 300 \mu\text{m}$), eran translúcidos y contenían varias gotas de aceite. Dichos huevos fueron fertilizados con esperma de abadejo y eclosionaron 4 días más tarde a $15\ ^\circ\text{C}$; los híbridos murieron después de la eclosión.

Por otra parte, en el Hellenic Center for Marine Research en Heraklion (Creta), una dosis de GnRH implantada en mayo indujo puestas espontáneas de huevos fertilizados después de 7 días, pero tanto la fertilización como la supervivencia embrionaria fue muy baja. Por el contrario, un segundo implante de GnRH, seguido de masaje por presión abdominal dos días más tarde, proporcionó 100 ml de de huevos del mismo



tamaño, con un 86 % de fertilización. El desarrollo embrionario duró 6,5 días a 15 °C y después de este período se produjo el nacimiento de las larvas (Fauvel *et al.*, 2008).

Las únicas referencias de puestas naturales obtenidas en cautividad las citan Papandroulakis *et al.* (2008), quienes mantuvieron un stock en cautividad durante 8 años en condiciones controladas de luz (fotoperíodo natural) y temperatura (15 ± 1 °C), alimentado con caballa y calamar tres veces por semana, sin haber obtenido puestas. Después de este periodo, ejemplares de 10,5 kg de peso medio fueron identificados como machos y otros de 14,5 kg como hembras. Fueron transferidos a tanques separados por sexos y observados y controlados durante los dos años siguientes, obteniéndose información de la calidad de esperma conseguido por presión abdominal y de los ovocitos por biopsia gonadal.

Estos ejemplares una vez alcanzada la fase final de maduración de los ovocitos, fueron inducidos hormonalmente con implantes intramusculares con dosis de 750 µg de GnRH por ejemplar (Zohar y Mylonas, 2001), obteniéndose puestas naturales en el rebosadero de los tanques de reproductores, pero en ningún caso fueron viables. Este tratamiento se repitió durante dos años consecutivos y se obtuvieron puestas espontáneas el tercer año (Papandroulakis *et al.*, 2004; Peleteiro *et al.*, 2011).

Más recientemente Peleteiro *et al.* (2011) obtuvieron puestas viables por fecundación artificial de ovocitos y esperma de ejemplares procedentes del Acuario Finisterrae (La Coruña). Los reproductores están estabulados en un tanque de exposición (Nautilus) de 3.5×10^3 m³ y son mantenidos en condiciones naturales y alimentados con pescado y calamar congelado.

El esperma fue caracterizado con muestras de semen obtenidas por presión abdominal (Papandroulakis *et al.*, 2004), con las que se midieron los siguientes parámetros: movilidad inicial (entre el 75 y el 90 %), duración de la movilidad de los espermatozoides (entre 2 y 7 minutos), supervivencia (entre 7 y 11 días) y concentración del esperma (entre 16 y 40×10^9 espermatozoides/ml).

Los ovocitos fueron obtenidos por biopsia gonadal a lo largo del periodo de maduración, y en diversas fases en que los ovocitos muestran ya la vitelogénesis completa y que sería ya la época de reproducción; fueron también descritos por Papandroulakis *et al.* (2008). El diámetro medio de los huevos fecundados es de $2,07 \pm 0,40$ mm.



5.1.2.2. Incubación, cultivo larvario

Las únicos huevos fecundados obtenidos en cautividad se consiguieron por presión abdominal, suministrando una cantidad suficiente de embriones como para ser cultivados en criadero, permitiendo realizar una descripción detallada del desarrollo embrionario y de las larvas hasta la apertura de la boca (Papandroulakis *et al.*, 2004; Peleteiro *et al.*, 2011).

La incubación se realizó siguiendo el sistema tradicional de circuito abierto y a temperatura constante de $16 \pm 0,5$ °C. Los huevos eclosionaron 7 días después de la fertilización (112 grados día) y el desarrollo embrionario fue descrito por Papandroulakis *et al.* (2008) y Peleteiro *et al.* (2011) (Fig. 10).

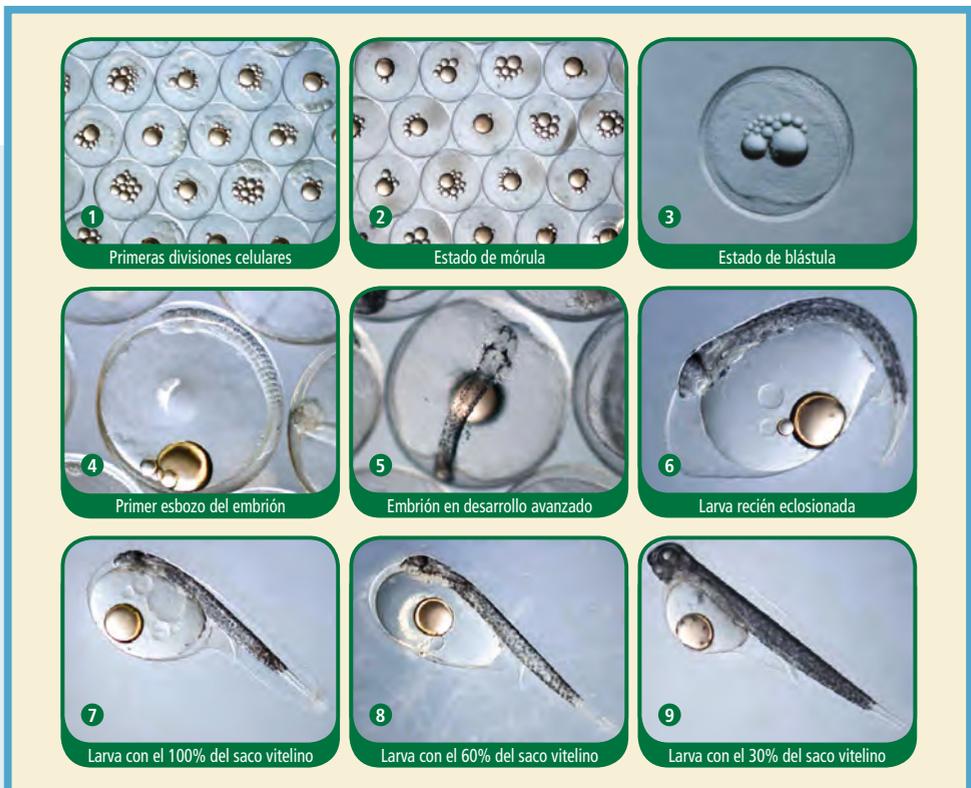


FIGURA 10.

Desarrollo embrionario de huevos de cherna (*Polyprion americanus*) nacidos en cautividad (Peleteiro *et al.*, 2011).



Las larvas miden en el momento de la eclosión $3,8 \pm 0,30$ mm y el día 8 después de la puesta 5,4 mm (Peleteiro *et al.*, 2011). Estas larvas fueron también descritas por Papandroulakis *et al.*, (2008). No hubo supervivencia larvaria después del consumo del saco vitelino 6 días después de la eclosión (Peleteiro *et al.*, 2011), y no hay ninguna otra cita de cultivo larvario en esta especie.

5.1.2.3. Preengorde y engorde

En el medio natural, los juveniles durante su migración y, hasta un peso máximo de 5,4 kg, viven protegidos debajo de objetos flotantes (Roberts, 1977) que, además de protegerlos, desempeñan un papel importante en la concentración del alimento (Kingsford, 1993).

Tienen un rápido crecimiento alcanzando 1,5 kg en 15 meses a partir del huevo (Kentouri *et al.*, 1995; Papandroulakis *et al.*, 1997). El crecimiento parece ser más rápido durante los 9 primeros años (Wyanski *et al.*, 1992). Así un ejemplar de un año mide aproximadamente unos 34 cm en el medio natural (Sedberry *et al.*, 1999) y 40 cm en el segundo año, y puede llegar a alcanzar un peso máximo de 100 kg y una longitud de 2 metros. En Grecia, ejemplares de peso medio 0,4 kg, alcanzaron 2,5 kg en un año y 5,5 kg después de dos años (Suquet y La Pomèlie, 2002) (Tabla 1).

La cherna migra hacia aguas mas profundas cuando alcanza una talla media de unos 60 cm, talla que se corresponde con la aparición de la primera madurez sexual (Suquet y La Pomèlie, 2002).

Existen algunas referencias respecto al engorde de esta especie en cautividad. Papandroulakis *et al.* (2004) realizaron experimentos de engorde de juveniles y adultos en diferentes condiciones, utilizando individuos de dis-

TABLA 1.

Crecimiento de ejemplares de la cherna en cautividad (Suquet y La Pomèlie, 2002).

Duración en años	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Condiciones	Referencias
3	4	20	Acuario	Auffret, com. pers.
1	0,4	2,5	18-20 °C	Divanach, com per.
1	5,6	8,6	8-17 °C	IFREMER
2	0,4	5,5	Temp. ambiente	Tsiménides <i>et al.</i> , 2001
1	0,4	1,7	17,5 °C	Tsiménides <i>et al.</i> , 2001



tinta procedencia, manteniéndolos en diferentes condiciones de temperatura y alimentados con distintas dietas y diferentes frecuencias alimenticias.

Comparando varios experimentos de engorde con juveniles capturados en el Mediterráneo (Grecia, Italia y Francia), el crecimiento fue excepcionalmente rápido, no encontrándose diferencias significativas intergrupo (Tabla 2). Sin embargo en el grupo A (Brest, Atlántico), dos de los individuos crecieron significativamente menos que los otros 8 individuos. Los individuos de los grupos M1 y M2 (Grecia e Italia), alcanzaron 2,0 kg en los primeros 12 meses sin diferencias significativas entre ellos. El grupo M1 alcanzó los 5,0 y 7,0 kg en 24 y 36 meses respectivamente. Los individuos del grupo A, alcanzaron 4,0 y 6,0 kg en 24 y 36 meses respectivamente, lo que muestra una clara diferencia entre el Atlántico y el Mediterráneo.

El consumo de alimento varía durante el periodo de engorde, dependiendo del estado de desarrollo de los individuos y, fundamentalmente, de la temperatura del agua. En estadios tempranos (0,1-1,0 kg), la tasa de ingesta diaria (expresada en % del peso corporal) fue de $4,2 \pm 1 \%$, y en estadios más tardíos decreció hasta un $2,7 \pm 0,4 \%$ para individuos de entre 1,0 y 2,0 kg de peso. El índice de conversión fue de $3,6 \pm 1,5$

TABLA 2.

Experiencias de crecimiento de ejemplares de cherna en cautividad, de distinto origen y en diferentes condiciones de cultivo (Papandroulakis *et al.*, 2004).

Estado	Juveniles	Juveniles	Juveniles	Adultos
Origen	Grecia Grupo M1	Italia Grupo M2	Francia Grupo A	Francia
Número de individuos	5	4	10	15
Sistema de captura	Objetos flotantes	FAD (Fishing Aggregating Devices)	Redes pelágicas de deriva	Redes de fondo
Rango de temperatura	Variaciones naturales (15-25 °C) el primer año y de 15-19 °C después	Temperatura constante de $17 \pm 1 \text{ °C}$	Variaciones naturales (9-18 °C)	Variaciones naturales (9-18 °C)
Alimentación	<i>Ad libitum</i> días alternos con boga congelada, jurel, gamba y calamar	<i>Ad libitum</i> días alternos con boga congelada, jurel, gamba y calamar	<i>Ad libitum</i> diariamente con pellets húmedos	<i>Ad libitum</i> dos veces por semana, con jurel congelado, sardina y gamba

(peso húmedo) hasta que los individuos alcanzaron 1 kg, se incrementó hasta $7,2 \pm 3,2$ en individuos al alcanzar los 2,0 kg y llegó a $11,8 \pm 8,7$ cuando los peces alcanzaron 7 kg.

Más recientemente Peleteiro *et al.* (2010) llevaron a cabo una experiencia con dos grupos de individuos, de diferente tamaño y tipo de alimento, pero en las mismas condiciones de cultivo (Tabla 3). Los resultados fueron similares a los mencionados anteriormente: en los estadios juveniles no hubo diferencias significativas en el crecimiento de estos ejemplares, que alcanzaron los 4,8 kg de peso medio, partiendo de 1,2 kg, con un rango de temperaturas entre 13,1 y 18,1 °C, alimentados con pienso seco comercial de rodaballo (Fig. 11).

El lote de individuos adultos tuvo también un buen crecimiento, pero más irregular analizado individualmente, ya que, con un rango de temperatura similar al lote anterior, y utilizando pienso semihúmedo en la alimentación, el crecimiento fue muy desigual. Partiendo de un peso medio de $7,05 \pm 1,12$ kg, los ejemplares alcanzaron $9,39 \pm 1,96$ kg en 10 meses, pero con variaciones mucho mayores que en el lote de juveniles, ya que como se puede observar en la Figura 12, los incrementos de peso fueron desde 514 g (cherna n.º 7) hasta 4 670 g (cherna n.º 8). Esto indica la influencia del estado de desarrollo individual en el crecimiento de esta especie, ya que por otra parte, según Tsimenides *et al.* (2001), no parece existir ningún tipo de dimorfismo sexual que justifique estas diferencias en el crecimiento.

TABLA 3.

Experiencias de engorde de juveniles y adultos de cherna, en las instalaciones del IGafa y Centro Oceanográfico de Vigo del IEO (Peleteiro *et al.*, 2010).

Estado	Juveniles	Adultos
Origen	IGafa	Centro Oceanográfico de Vigo
Numero de individuos	12	10
Sistema de captura	Objetos flotantes	Objetos flotantes
Rango de temperatura	12-18 °C	12-18 °C
Alimentación	Pienso seco comercial de rodaballo	Pienso semihúmedo (harina de pescado, aceite de pescado, calamar y mejillón)
Frecuencia alimentaria	Diaria <i>ad libitum</i>	Días alternos <i>ad libitum</i>

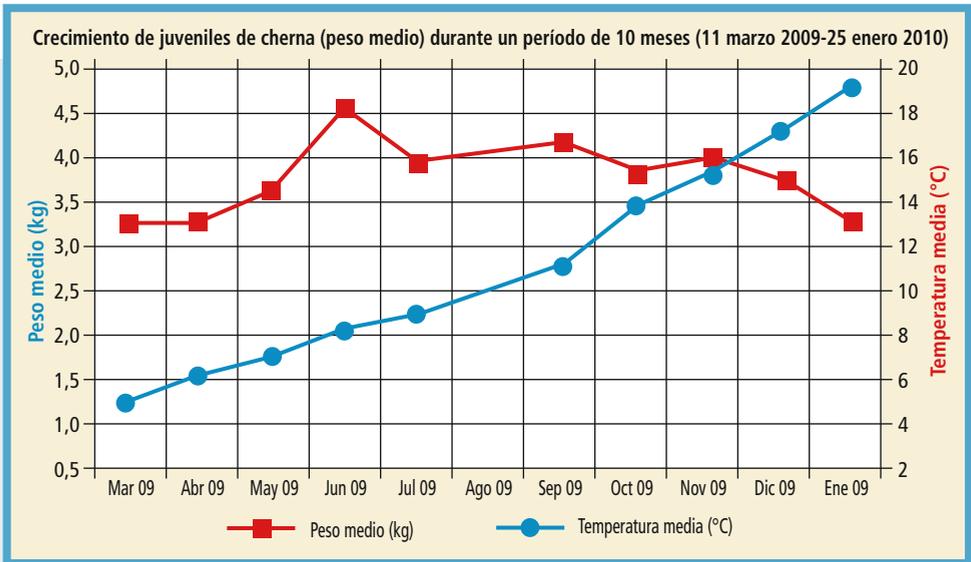


FIGURA 11.

Crecimiento de juveniles de cherna en cautividad en el IGafa (Peleteiro *et al.*, 2010).

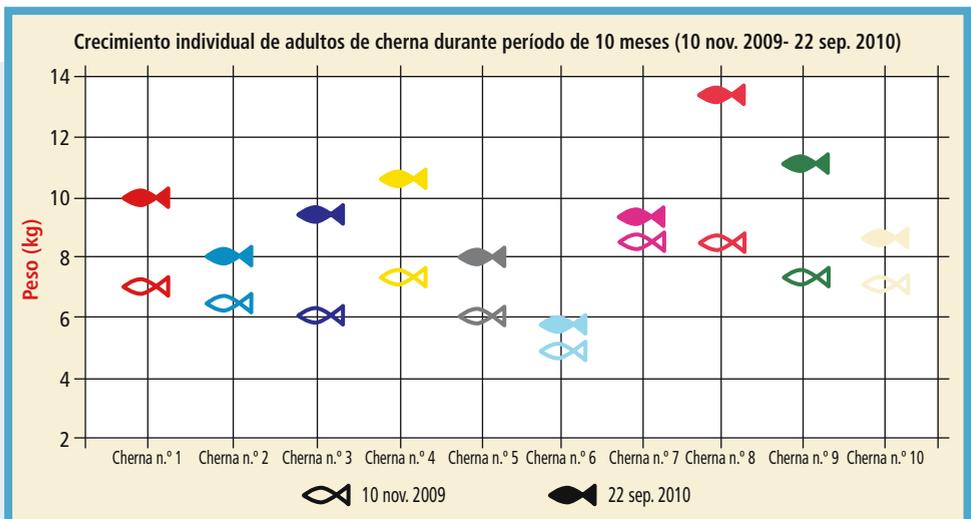


FIGURA 12.

Crecimiento de adultos de cherna en el Centro Oceanográfico de Vigo del IEO (Peleteiro *et al.*, 2010).



Desde el punto de vista patológico, solamente ha sido citada una infección por *Pseudomonas putrida* (Katharios *et al.*, 2006) provocada probablemente por el stress debido al manejo de los ejemplares, y manifestada como úlceras a lo largo del cuerpo. Esta infección fue tratada con éxito, con cloranfenicol por vía oral (60 mg kg⁻¹) en 2-3 tomas semanales y Vitamina C, llegando a desaparecer las úlceras al cabo de varias semanas, después de varios intentos con otros productos.

Las experiencias de engorde con juveniles y adultos llevadas a cabo hasta el momento coinciden en cuanto al efecto limitante de la temperatura, al rápido crecimiento de esta especie, su fácil adaptación a cautividad y manejo y la gran variabilidad entre los crecimientos individuales de los ejemplares tanto en juveniles como en adultos.

5.1.2.4. Perspectivas de cultivo

La cherna es una especie con una serie de ventajas que pueden favorecer de forma definitiva el desarrollo de su cultivo a nivel industrial. Su rápido crecimiento (próximo a 1,5 kg en 15 meses desde la eclosión), la hace firme candidata al desarrollo de una tecnología específica para su cultivo. Si además tenemos en cuenta que en los últimos 10 años, su precio ha oscilado entre 11,99 € y 17,32 € en nuestros mercados, lo que da idea de la estabilidad de su valor comercial. Por otra parte, se trata de una especie con una gran aceptación entre el consumidor de pescado, figurando en muchas comunidades con tradición gastronómica como una de las especies más apreciadas, tanto por su calidad como por su sabor y las variadas opciones para su cocina.

Es una especie que presenta grandes cualidades, al margen de que pueda llegar a alcanzar pesos de hasta 100 kg. Su crecimiento en los primeros estadios de vida así como su productividad por metro cúbico en cultivo, son comparables a especies como la tilapia, el salmón, o la seriola, por citar algunas. Entre otras ventajas, su fácil adaptación a cautividad, su cultivo en grandes densidades, o la edad de la primera madurez sexual a partir de los 4 kg, la definen como una especie con grandes posibilidades en la acuicultura.

También su amplia distribución geográfica, así como las posibilidades de exportación como producto de acuicultura, le proporcionan un gran valor añadido.



Sin embargo, las experiencias llevadas a cabo hasta el momento en cuanto a su cultivo han demostrado claramente que se trata de una especie que presenta dificultades que, en principio, no tendrían por qué impedir su desarrollo.

La obtención de individuos del medio natural es viable, aunque con ciertas dificultades, sobre todo en estadíos juveniles. Los ejemplares adultos capturados a grandes profundidades, pueden presentar dificultades de adaptación a la cautividad, lo que puede suponer un inconveniente en determinados casos.

La reproducción se ha conseguido aunque con dificultades, lo que indica la necesidad de un esfuerzo en investigación para llegar a controlar la reproducción en cautividad. Es importante disponer de stocks de reproductores que permitan llegar a saber si realmente las dificultades en la reproducción se deben a la juventud de los reproductores, o a que las condiciones de cautividad suponen un estrés adicional que bloquea la obtención de puestas.

Es importante también para el desarrollo de la tecnología del cultivo de la cherna, el interés del sector de la acuicultura por esta especie; de hecho, hay empresas en cuyos departamentos de I+D han iniciado ya experiencias de manejo, engorde y creación de stocks de reproductores, con resultados muy similares a los obtenidos en experiencias de otros equipos, lo que facilitará en gran medida el desarrollo de su cultivo.

Por otra parte, la pesquería de la cherna, está sometida a una fuerte presión por la pesca artesanal y por la pesca deportiva, tanto en nuestro país como en otras latitudes. Las posibilidades de su cultivo abrirán también la opción a programas de repoblación que, lógicamente, repercutirían positivamente en la economía en determinados sectores.

5.2. EL MERO: *Epinephelus marginatus* (LOWE, 1834)

5.2.1. Introducción

El mero, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), es un Perciforme de la familia de los Serránidos, que también ha sido descrito como *E.*



guaza (Linnaeus, 1758) o *E. gigas* (Brünnich, 1768). Su clasificación sistemática es:

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinoptergii
Superorden	Teleosteos
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Superfamilia	Percoidae
Familia	Serranidae
Subfamilia	Epinephelinae
Género	Epinephelus

El orden Perciformes es el que mayor diversidad tiene, incluye 18 subórdenes, 147 Familias y aproximadamente 1 257 géneros, de los que 370 corresponden a la familia Serránidos.

Según la clasificación de los peces (Gállego, 1978) el mero se incluye dentro de los peces torácicos. Es un pez de aspecto robusto y macizo cubierto de pequeñas escamas pectinadas en el cuerpo y cicloides en la cabeza. En el maxilar y supermaxilar presenta también pequeñas escamas características de este género. Los ojos y la boca tienen gran tamaño, presenta un hueso supramaxilar y en las mandíbulas tienen pequeños dientes puntiagudos que pueden moverse hacia atrás. El preopérculo está aserrado y el opérculo tiene tres espinas.

La aleta dorsal tiene 11 radios duros y de 13 a 16 radios blandos. Las aletas pectorales presentan un repliegue cutáneo escamoso en el borde superior de su base. La aleta anal posee tres radios duros y de 8 a 9 radios blandos. La aleta caudal es ligeramente redondeada.

El color del cuerpo es marrón parduzco o rojizo con manchas blanquecinas o amarillentas en el dorso y dos laterales, y la zona ventral es amarillenta. La aleta dorsal está ribeteada de color naranja y la caudal tiene un borde característico de color blanco (Fig. 13).



FIGURA 13.
Epinephelus marginatus (Lowe, 1834).

A la subfamilia Epinephelinae pertenece un grupo de 159 peces de considerable importancia económica, distribuidos por áreas tropicales y subtropicales. *Epinephelus marginatus* se distribuye por todo el Mediterráneo y en el Atlántico desde las Islas Británicas al Sur de África y a lo largo de la Costa de Brasil (Randall y Heemstra, 1993).

Son peces muy territoriales que viven en fondos rocosos, agrupándose durante la época reproductiva.

Se alimenta de diferentes presas según la etapa de su vida. Al inicio de su vida, y después de la etapa larvaria en la que se alimenta de zooplancton, basa su alimentación en crustáceos, pasando posteriormente a incorporar en su dieta a moluscos, especialmente el pulpo, y cuando son mayores, a los peces (Reñones *et al.*, 2002).

Es hermafrodita proterogino y el cambio de sexo de hembra a macho ocurre a los 80-90 cm (Bruslé and Bruslé, 1976; Bruslé, 1985; Chauvet, 1991). Chauvet (1988) indica que la primera madurez sexual se produce a los 5 años y 40-50 cm de talla, produciéndose la inversión sexual entre los 9 y los 16 años, con un máximo a los 12 años. Bruslé y Bruslé (1976) citan que comienzan a aparecer machos con 9 kg de peso, aunque pueden encontrarse hembras de más de 15 kg.

La puesta en el mediterráneo tiene lugar entre junio y septiembre (Marino *et al.*, 2000). Se encuentran hembras en vitelogénesis, en Túnez, en abril (Massari *et al.*, 1999) y hay hembras maduras desde mayo hasta septiembre con un pico en julio y agosto (Barnabé, 1974). En el NE de



España la época reproductiva comienza en julio y la puesta no tiene lugar hasta mediados de agosto, descendiendo rápidamente (Zabala *et al.*, 1997), mientras en el Sur es más amplia, encontrándose ejemplares maduros en el mes de junio y en el mes de septiembre (Bruzón, 2004), coincidiendo estos resultados con los obtenidos en Italia y en Túnez.

Esta especie es el único Serránido incluido en la Convención de Berna (Anexo 3) en 1996, y en el Anexo 3 del Protocolo para áreas especialmente protegidas y de biodiversidad mediterránea de la Convención de Barcelona, en 1995. Se define como una especie en peligro de extinción para la cual se deben adoptar medidas de gestión (Relini, 1999).

Uno de los objetivos más importante del cultivo de una especie es completar su ciclo reproductivo. Para ello se debe realizar un control exhaustivo de los procesos que controlan la maduración y la puesta, procesos que pueden verse afectados por una multitud de factores externos e internos, muchos de los cuales son aún desconocidos en el caso del mero.

La cautividad impone una serie de restricciones de varios tipos: ambientales (como el fotoperiodo, la temperatura, la salinidad y la calidad del agua), hormonales (como la inducción a al puesta y la inversión sexual), genéticas (como la selección), sociales (como la pesca, el transporte, la estabulación, el sex-ratio, la anestesia, los muestreos, el marcaje la domesticación y el estrés en general) y nutricionales (como la dieta y la ración), que determinan que algunos ejemplares no maduren nunca, que otros no lleguen a completar su maduración y, en el mejor de los casos, que otros se reproduzcan en cautividad, aunque ofrezcan dificultades considerables cuando se manejan inadecuadamente. De estos hechos se deduce una aplicación práctica inmediata: las condiciones de estabulación de los reproductores son muy importantes para la reproducción de una especie, y el efecto es aún más marcado cuando los animales se estresan durante las fases finales de la maduración (Carrillo y Zany, 1993). Por esta razón, las primeras experiencias con reproductores de esta especie supuso un gran esfuerzo, ya que se ensayaron diferentes tipos de tanques (rectangulares, redondos), de 1 o 3,5 m de profundidad, con diferentes fotoperiodos y tipos de agua de cultivo (agua de mar, de pozo y mezcla de ambas), inducción con distintos métodos (gonadotropinas corionicas, inyecciones con GnRH, implantes hormonales, inversión sexual de hembras), distintos tipos de marcas



(«banderillas» o con «PIT» -Passive Integrated Transponder-), diferentes tipos de dieta (pienso, alimento fresco y mezcla de ambos), dos tipos de anestésicos (2-fenoxietanol y aceite de clavo), diferentes sex-ratios en los tanques (desde un macho y dos hembras, 2 machos y tres hembras hasta 5 machos y 10 hembras) en tanques de 100 y de 250 m³.

5.2.1.1. Situación actual de las pesquerías de mero en el Sur de España

El mero tiene gran importancia en el Sur de España por ser un pez de gran interés para la pesca deportiva vendiéndose directamente a restaurantes locales, pues el interés gastronómico por esta especie origina que en el mercado haya alcanzado precios de hasta 50 €/ kg. Tradicionalmente se pesca mediante buceo a pulmón (Fig. 14), pero la pesca con botellas (o incluso con medios más devastadores como los explosivos), han hecho disminuir drásticamente desde los años 70 las poblaciones de meros en las zonas más cercanas a la costa, quedando confinadas en escaso número a profundidades mayores. Gracias a las fuertes corrientes del Estrecho de Gibraltar, a que la pesca solo puede efectuarse en las mareas muertas (cuando la corriente es menor) y a la vigilancia que impide la pesca con botella, el mero sobrevive en las zonas más profundas como el Banco del Hoyo, habiendo desaparecido de zonas más cercanas a la costa.



FIGURA 14.
Pesca deportiva del mero.

Pescadores profesionales de las Cofradías de Conil y Algeciras, utilizando nasas o mediante la pesca con palangre capturan esta especie, pero el volumen de capturas en estos puertos ha descendido en los últimos años (Fig. 15 y 16).

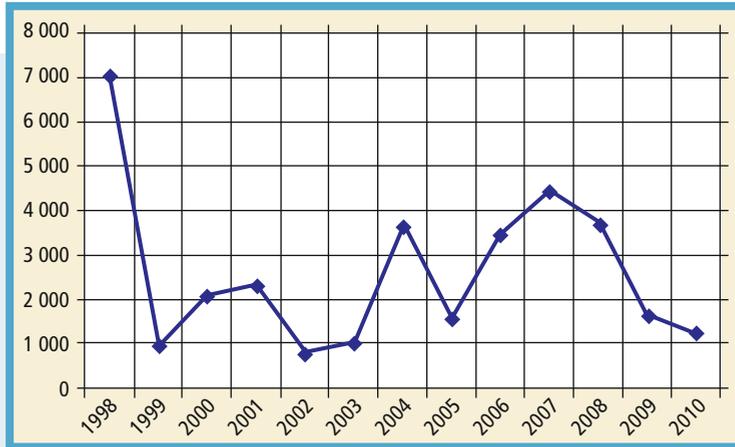


FIGURA 15.
Capturas de meros (t) en la lonja de Conil en el periodo 1998-2011.



FIGURA 16.
Capturas de meros (t) en la lonja de Algeciras en el periodo 1998-2011.
www.juntadeandalucia.es



5.2.2. Cultivo

Las primeras experiencias de cultivo de mero en España, se realizaron en la Universidad de Barcelona hacia 1990 con el engorde de juveniles de meros *E. marginatus* (Castelló *et. al.*, 1992), pero es en Andalucía, en 1997, con el apoyo económico de la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR) donde se ha realizado un esfuerzo especial para llevar a cabo su reproducción y cultivo, habiéndose realizado el ciclo completo (cría larvaria, engorde en tanques y jaulas y repoblación en el mar) Recientemente, en el año 2008, la *Xarxa de Referència de Recerca i Desenvolupament en Aqüicultura* de Cataluña (XRAq), en colaboración con el Acuario de Barcelona, abrió una línea de investigación sobre el cultivo del mero. Actualmente se están llevando a cabo reuniones para aunar los esfuerzos de las diferentes CC.AA. interesadas y realizar proyectos conjuntos.

5.2.2.1. Reproducción y puesta

La captura de ejemplares de meros se realizó en el Atlántico, en la zona denominada «Banco del Hoyo», frente a Conil de la Frontera (Cádiz) (Fig. 17).



FIGURA 17.
Situación de los «bancos» de meros en la zona suratlántica española (Bruzón, 2004).

Los meros se capturaron mediante nasas en las que se utilizaban como cebo sardina, manteniendo las nasas unidas mediante una línea madre de nylon provista de flotadores y muertos, Las nasas, en número de 25 a 30 constituían, un «tendido» (Fig. 18 y 19).

Para la captura de meros vivos se utilizaron barcos denominados «naseros», de unos 7 m de eslora, que disponían en su interior de un tanque con tapadera de 250 l en el que se colocaban los ejemplares

FIGURA 18.
Sistema de
capturas del
mero (esquema
modificado de
Padillo,1994).

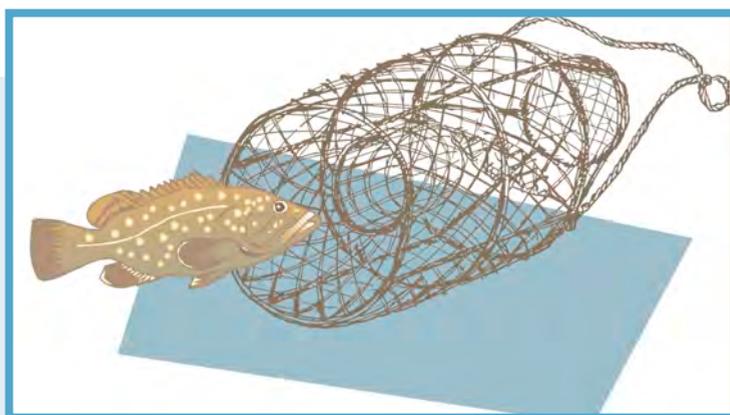
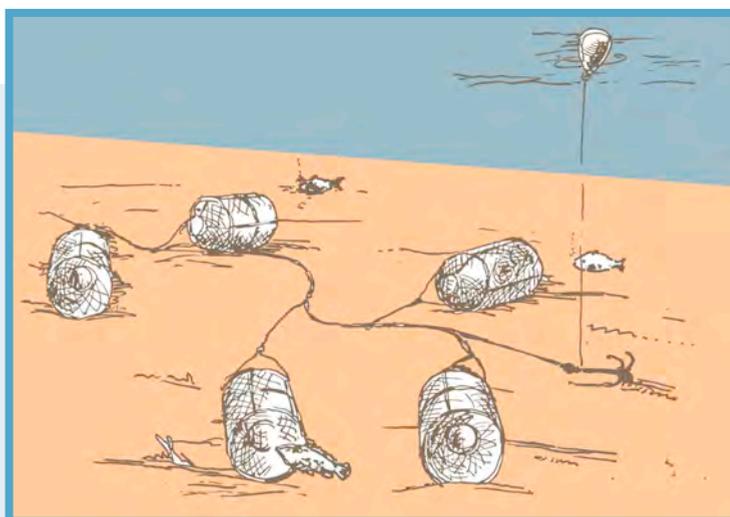


FIGURA 19.
«Tendido» de
nasas (esquema
modificado de
Padillo, 1994).





capturados (Bruzón, 1999). Una vez colocados en el tanque eran sondados con el fin de extraer el aire de la vejiga natatoria ya que, invariablemente, los ejemplares al emerger aparecían flotando en posición invertida, con el abdomen hacia arriba, situación que se corrige introduciendo un catéter y apretando el abdomen para que el aire del interior de la vejiga natatoria sea expulsado. Una vez que los barcos llegaban al muelle los ejemplares eran trasladados con salabres a recipientes de plástico negro y blando y luego a un tanque de 2 000 l, lleno de agua de mar y provisto de aireación suave, situado en el interior de un camión isoterma, para mantener su temperatura interior a 20 °C, y equipado para el transporte de peces.

Una vez los peces en el laboratorio eran trasladados a los tanques de cuarentena donde se anestesiaban con 2- fenoxietanol, a una concentración de 0,5 ml/l, se curaban las heridas superficiales, mediante pomada iodada, y se les inyectaba oxitetraciclina de acción prolongada, en una dosis única de 1ml/kg. En algunos casos, en los que por razones climatológicas no se levantaban las nasas diariamente, se daban baños de formol ya que los animales llegaban al laboratorio muy dañados por estar varios días en el interior de las nasas.

5.2.2.1. Ciclo reproductivo del mero

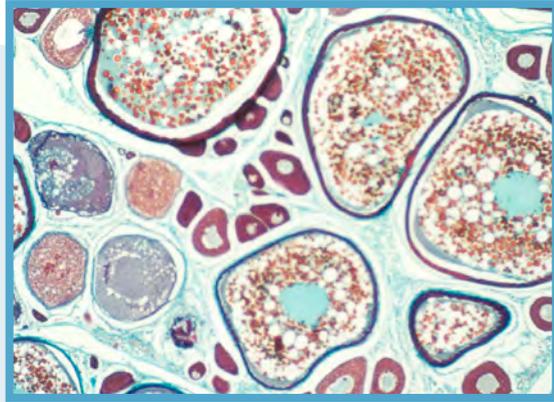
Para el estudio histológico de las gónadas se diseccionaron ejemplares y se procesaron las muestras en el laboratorio de Histología del IFAPA Centro El Toruño.

Oogénesis:

De acuerdo con las características histológicas de la gónada del mero *Epinephelus marginatus* se divide el ciclo reproductor de las hembras en 4 fases (Bruzón y González de Canales, 2007):

1. Fase de previtelogénesis: que incluye oogonias y ovocitos previtelogénicos (en estado de cromatina nuclear y estados perinucleares).
2. Fase de vitelogénesis que incluye vitelogénesis inicial, media y final.
3. Fase de maduración con migración del núcleo y posterior ruptura del mismo.
4. Fase de puesta caracterizada por la presencia de ovocitos atrésicos y folículos postovulatorios.

FIGURA 20.
Corte
histológico
de gónada
femenina de
Epinephelus
marginatus
(Bruzón, 2007).



En el sur de España se han observado ejemplares en cautividad, con ovocitos en estado previtelogénico en los meses de enero y febrero; en el mes de abril se han observado ejemplares en vitelogénesis inicial y en los meses de junio, julio, agosto y septiembre se encuentran ejemplares en vitelogénesis final, maduración y puesta (Fig. 20).

Espermatogénesis

En el testículo de los machos (Fig. 21) se diferencian 5 estados:

1. Inmaduros, donde se observan la presencia de espermatogonias aisladas o en cistes y espermatocitos primarios.
2. En desarrollo, en el que aparecen todos los estados: espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y espermatozoides.
3. Maduros, donde aparecen todos los estados al igual que en el anterior, pero los espermatozoides se encuentran en mayor cantidad.
4. Puesta o emisión, donde los espermatozoides se encuentran en el vaso eferente.
5. Postpuesta, donde aparecen espermatozoides residuales.

En ejemplares en cautividad se observaron machos en fase de desarrollo (2) en el mes de abril, y en emisión (4) en agosto.

5.2.2.1.2. Puesta

Un estudio previo con diferentes lotes, cultivados en tanques de forma y profundidad diferentes, con diferentes fotoperiodos y diferen-

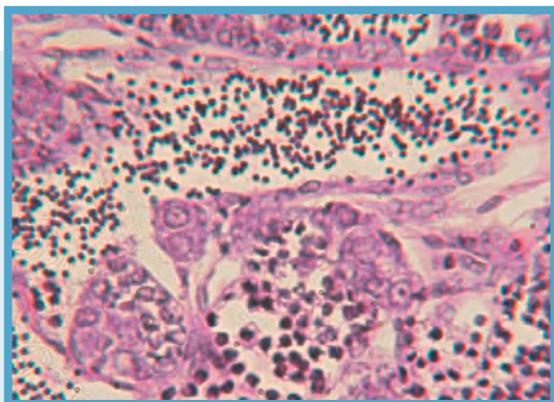


FIGURA 21.
Corte
histológico
de gónada
masculina de
*Epinephelus
marginatus*
(Bruzón, 2007).

tes calidades de agua, dio como resultado que el modelo a utilizar era un tanque redondeado de 1 m de profundidad, con fotoperiodo natural, y agua de mar.

En el año 2003 se observaron puestas espontáneas de ovocitos en los meses de julio y agosto, con intervalos superiores a 10 días entre ellas, y machos fluentes desde finales de junio y durante julio y agosto.

Las puestas espontáneas de huevos tuvieron lugar en un lote de peces mantenido en un tanque cilíndrico de 12 m³ de volumen y un metro de profundidad, con agua procedente del río San Pedro. A lo largo del año la temperatura varió desde 9,9 °C (enero) a 26,2 °C (agosto), la salinidad entre 24,5 (enero) y 41,2 (agosto), el flujo de agua entre 0,6 y 0,7 m³/h y la densidad fue de 4,5 kg/m³. El peso medio de las hembras que liberaron ovocitos fue de 8 kg y los machos tenían un peso de 14 a 17 kg. Eran alimentados 3 veces por semana con cefalópodos congelados en una proporción que varió a lo largo del año entre 0,75 y 1,5 % de la biomasa.

En el año 2006 se obtuvieron puestas artificiales mediante inducción hormonal con D-Trp6-LHRH (20-40 µg/kg). Se fecundaron mediante el «método en seco» y el porcentaje de fecundación fue del 3 %.

En el año 2007, se obtuvieron puestas naturales con temperaturas que alcanzaron los 25 °C, anteriormente, en el año 2000, Spedicato y Boglione (2000) no obtuvieron puestas naturales cuando incrementaron la temperatura de 16 a 23 °C. El porcentaje de fecundación fue del 20 %.

FIGURA 22.
Huevo de mero
recién puesto
(Bruzón, 2008).



El diámetro de los huevos fue de $842,83 \pm 21,75 \mu\text{m}$ y el de la gota de grasa de $168,10 \pm 7,32 \mu\text{m}$ (Bruzón, 2004), valores similares a los encontrados por Glamuzina *et al.* (1998), $846 \pm 41 \mu\text{m}$, y algo mayores que los obtenidos por Zabala *et al.* (1997) en el medio natural (Fig. 22 y 23)

Otros equipos, como el de Cabrita *et al.* (2009), han realizado criopreservación del esperma de mero realizando previamente inversión sexual en hembras de pequeño tamaño con 17α -metiltestosterona.

5.2.2.1.3. Incubación y cultivo larvario

Los huevos fueron incubados de 20 a 22 °C de temperatura, en tubos cilindro-cónicos de 15 l de capacidad (Fig. 24).

FIGURA 23.
Huevos de mero
con el embrión
en desarrollo
(Bruzón, 2008).

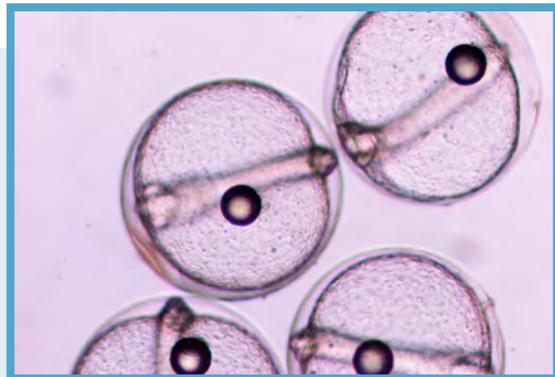




FIGURA 24.
Sistema de incubadores para la eclosión de huevos, en las instalaciones del IFAPA Centro El Toruño.

Las larvas recién eclosionadas tenían una longitud de $2\ 146,07 \pm 17,09\ \mu\text{m}$, siendo mayores que las observadas por Spedicato y Boglione (2000) (Fig. 25).

El cultivo larvario se realizó en tanques de 500 litros mediante el método del 'agua verde' a una densidad de media de 20 larvas/l (Fig. 26).

Al 2.º día se añadieron rotíferos *Brachionus plicatilis* a una densidad de 20 rotíferos/ml y al día 3.º las larvas habían reabsorbido completamente el saco vitelino (Bruzón *et al.*, 2008). El día 17.º se comenzó a añadir nauplios de *Artemia salina* a una densidad de 0,2 nauplios/ml, incrementándose hasta 3 nauplios/ml en el día 40.º. Paralelamente, el día 23.º se inició el destete con alimento inerte (Fig. 27). La supervivencia larvaria fue del 10 % hasta el día 40.º y al final de esta fase se

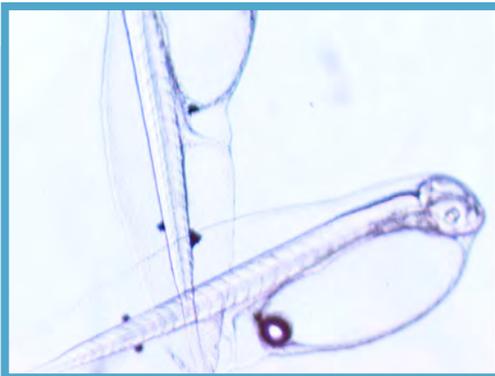


FIGURA 25.
Larvas de meros recién eclosionadas (Bruzón, 2008).

FIGURA 26.
Tanque de cultivo de larvas, en las instalaciones del IFAPA Centro El Toruño.



FIGURA 27.
Larva de mero de 14 días (Bruzón, 2008).



produjeron episodios de canibalismo pero que no supusieron grandes pérdidas.

5.2.2.1.4. Preengorde y engorde en tanques y en jaulas

La fase de preengorde se considera que abarca desde el día 60° hasta el día 120°. En esta fase la supervivencia fue prácticamente del 100 % y el día 120° de cultivo los alevines tenían un tamaño de $8,72 \pm 0,72$ cm y un peso medio de $11,84 \pm 3,33$ g (Bruzón, 2007) (Fig. 28 y 29).

En esta fase se utilizaron tanques de 7 m³ y se suministraba el alimento mediante comederos automáticos. El agua se mantenía a 20 °C



FIGURA 28.
Alevín de mero de 60 días de edad obtenidos en el IFAPA.



FIGURA 29.
Alevín de mero de 90 días de edad obtenidos en el IFAPA.

y se colocaron limpiadores superficiales de grasa mediante aireación. También se colocaron en los tanques tubos de PVC de pequeño tamaño unidos en forma prismática, cuyo diámetro se aumentaban a medida que los meros crecían (Fig. 30 y 31).

El engorde se puede dividir en tres fases: una primera, hasta los 6 meses cuando alcanzan una longitud de $11,06 \pm 0,86$ cm y un peso medio de $26,36 \pm 6,40$ g (Bruzón, 2007); una segunda fase en la que alcanzaron los 500 g y que se realizó en tanques de 12 m^3 con alimentación a base de pienso; y la tercera fase que se ha llevado a cabo en dos lotes (uno mantenido en tanques, en las instalaciones del IFAPA en el Centro El Toruño, y el otro en jaulas, en aguas de Almería) en los que se ha observado un incremento en peso de 1 kg en un año (Fig. 32).

FIGURA 30.
Tanque de preengorde a los 60 días de cultivo, en las instalaciones del IFAPA Centro El Toruño.



FIGURA 31.
Tanque de preengorde a los 90 días de cultivo, en las instalaciones del IFAPA Centro El Toruño.



FIGURA 32.
Inicio del cultivo en jaulas con juveniles de 500 g, en la costa almeriense.





Tanto en el preengorde como en el engorde se utilizaron para alimentar a los meros piensos de lubina, dorada y lenguado, al no disponer de pienso específico para el mero.

5.2.3. Patologías

El problema más importante apareció en un lote de meros obtenidos mediante fecundación artificial y que presentaron mayor proporción de malformaciones [lordosis (10 %), escoliosis (3,5 %) y fusión de vértebras (1 %)]. También se observaron otros defectos menos significativos, como deformaciones en el dorso (jorobas, 0,3 %) o cifosis (que siempre aparecía junto a otras malformaciones como lordosis o escoliosis) (Yamuza y Bruzón, 2009).

5.2.4. Perspectivas de cultivo

El cultivo del mero aún se puede considerar en fase experimental pero las experiencias en las instalaciones del IFAPA y en las jaulas colocadas en el Mediterráneo son muy esperanzadoras. Se han obtenido puestas artificiales y naturales pero hay que seguir haciendo un esfuerzo en los aspectos reproductivos con el fin de optimizar las condiciones de estabulación de los reproductores. Hay interés en su cultivo por parte de las empresas ya que es una especie que alcanza un alto valor en el mercado y además es escasa; por otra parte, su cultivo tiene especial importancia porque supone un apoyo a los planes de repoblación de esta especie.

Las puestas naturales presentan dos ventajas importantes frente a la reproducción artificial: por un lado, aumentan tanto el índice de fecundación como el de eclosión y, sobretodo, no aparecen tantas malformaciones como en las puestas artificiales.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

- BALL A.O., SEDBERRY G.R., ZATCOFF M.S., CHAPMAN R.W., CARLIN J.L. 2000. Population structure of wreckfish *Polyprion americanus* determined with microsatellite genetic markers. *Mar Biol.* 137: 1077-1090.
- BARNABÉ G. 1974. La reproduction du merou *Epinephelus gigas*: Observations préliminaires de terrain. *Aquaculture*, 4: 363-367.
- BRICK M. 2000. *Dinâmica populacional e pesca do cherne-poveiro Polyprion americanus (Bloch e Schneider, 1801) (Teleostei: Polyprionidae) no sul do Brasil*. Tesis doctoral, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Brasil, 2000.



- BRICK M. y HAIMOVICI M. 1998. A pesca dirigida ao cherne-poveiro, *Polyprion americanus* (Polyprionidae, Teleostei) no sul do Brasil. *Atlântica*, 20: 141-161.
- BRICK M. y HAIMOVICI M. 2003. Alimentação do cherne-poveiro *Polyprion americanus* (Polyprionidae, Teleostei) no sul do Brasil. *Atlântica*, 25(2): 201-208.
- BRICK M. y HAIMOVICI M. 2004. Age and growth of southwestern Atlantic wreckfish *Polyprion americanus*. *Fish. Res.* 66: 157-169.
- BRICK M. y KLIPPEL S. 2003. Reproductive biology of southwestern Atlantic wreckfish, *Polyprion americanus* (Teleostei: Polyprionidae). *Environ. Biol. Fish.* 68: 163-173.
- BRUSLÉ J. 1985. Exposé synoptique des données biologiques sur les mérours *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) de l'océan Atlantique et de la Méditerranée. *FAO Synopssis sur les pêches* 129: 64 pp.
- BRUSLÉ J. y BRUSLÉ S. 1976. Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de merous *Epinephelus aeneus* and *Epinephelus guaza* des côtes de Tunisie. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, Nantes, 30(3): 313-320.
- BRUZÓN M. 1999. Effects of culture conditions on growth and physiology on grouper *Epinephelus marginatus* (L.). En: *Proceedings of the Seminar of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM)*, CIHEAM y FAO, 24-28 Mayo, Zaragoza (España).
- BRUZÓN M.A. 2004. *Cultivo de mero Epinephelus marginatus (Lowe, 1834): bases biológicas para su reproducción en cautividad*. Tesis doctoral. Cádiz.
- BRUZÓN M.A. 2007. The reproduction and culture of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in the South of Spain. 2nd International Symposium on Groupers of the Mediterranean Sea. 10-13 mayo. Nice. Francia.
- BRUZÓN M.A. y GONZÁLEZ DE CANALES M.L. 2007. Histological characteristics in gonads of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in a population from the Trafalgar Cape (SW). Spain. 2nd International Symposium on Groupers of the Mediterranean Sea. 10-13 mayo 2007. Niza. Francia.
- BRUZÓN M.A., YAMUZA P., JIMÉNEZ-TENORIO N., POZUELO I. y GARCÍA-PACHECO M. 2008. Desarrollo embrionario y larvario en puestas naturales del mero *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). VI Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico. Cartaya (Huelva).
- CABRITA E., ENGROLA S., CONCEIÇÃO L.E.C., POUSSÃO-FERREIRA P. y DINIS M.T. 2009. Successful cryopreservation of sperm from sex-reversed dusky grouper, *Epinephelus marginatus*. *Aquaculture*, 287: 152-157.
- CARRILLO M. y ZANUY S. 1993. Fisiología de la reproducción. Fisiología de la reproducción de los Teleósteos. En «*Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción*» Castelló-Orvay F. (Coord.). Ed. Universitat de Barcelona. pp: 125-142.



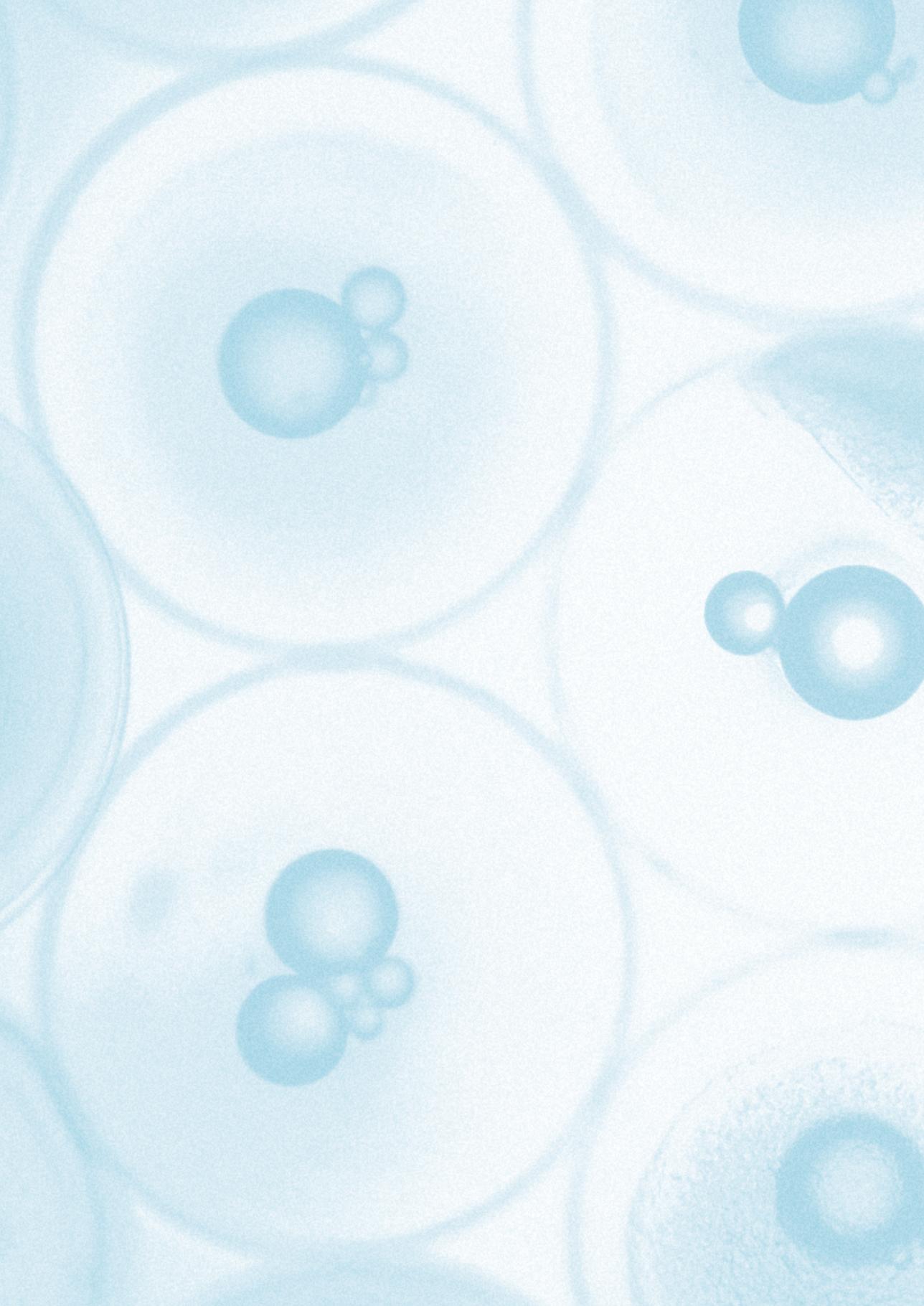
- CASTELLÓ-ORVAY F., FERNÁNDEZ-VILAR A., LLAURADO F. y VINAS R. 1992. Effect of different types of food on growth in captive grouper (*Epinephelus guaza* L.) *Mar. Life*, 1(2): 57-62.
- CERGOLE M.C., OLINTO A. y DEL BIANCO C.L. 2005. *Análise das principais pescarias comerciais da região sudeste-sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração*. Serie documentos Revizee : Score Sul. ISBN 85-98729-05-1.
- CHAUVET C. (1988). Étude de la croissance du mérou *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living Resour.*, 1: 277-288.
- CHAUVET C. (1991). Statut d' *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. En : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*, Boudouresque C. F., Avon M. y Gravez V. (Eds.). GIS Posidonie Publishers, Marsella, Francia : 255-275.
- DAY F. 1880. *The fishes of Great Britain and Ireland. Vol. 1 (1)*. Williams & Norgate. Londres.
- DEUDERO S. y MORALES-NIN B. 2000. Occurrence of *Polyprion americanus* under floating objects in western Mediterranean coeanic Waters, inference from stomach contents análisis. *J. Mar. Biol. Ass.U.K.* 80: 751-752.
- FAUVEL C., SUQUET M., SEVER A., MYLONAS C. y PAPANDROULAKIS N. 2008. Slow-release GnRH treatment prevented atresia during vitellogenesis and induced ovulation of captive wreckfish (*Polyprion americanus*). *Cybiurn* 32(2) suppl.: 191.
- GÁLLEGO L. (1978). *Vertebrados Ibéricos. 1: Peces*. Gállego Castejón L. (Ed.). 100 pp.
- GLAMUZINA B., SKARAMUKA B., GLAVI N., KOUL V., DULI J. y M. KRALJEVI. (1998). Egg and early larval development of laboratory reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae). *Sci. Mar.* 62(4): 373-378.
- GLUKHOV A.A. y ZAFERMAN M.L. 1982. Observations of the behavior of *Polyprion americanus* (Serranidae). *J. Ichthiol.* 22: 142-143.
- HAIMOVICI M., MARTINS A.S., FIGUEIREDO J.L. y VIEIRA P.C. 1994. Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 108: 59-77.
- JONES G.P. 1980. Contributions to the biology of the redbanded perch, *Ellerkeldia huntii* (Hector), with a discussion on hermaphroditism. *J. Fish Biol.*, 17: 197-207.
- KATHARIOS P., PAPANDROULAKIS N., MYLONAS C.C., PAPADAKI M., SYGGELAKI E., TZAMARIAS D., GOUNALAKI N. y DICANACH P. 2006. *Pseudomonas putida* infection in captive wreckfish, *Polyprion americanus*. A case report. En: *Aquaculture Europe 08*. European Aquaculture Society, Krakow, Poland, p. 307.
- KENTOURI M., PAPANDROULAKIS N. y DIVANACH P. 1995. Species diversification in Greek finfish mariculture. *Cah. Options Méditerran.* 14: 129-136.
- KINGSFORD M.J. 1993. Biotic and abiotic structure in the pelagic environment: importance to small fishes. *Bull. Mar. Sci.* 53: 393-415.
- MACHIAS A., SOMARAKIS S., PAPANDROULAKIS N., SPEDICATO M.T., SUQUET M., LEMBO G. y DIVANACH P. 2003. Settlement of wreckfish (*Polyprion americanus*). *Mar. Biol.* 142: 45-52.



- MARINO G., AZZURRO E., FINOIA M.G., MESSINA M.T., MASSARI A. y MANDICH A. 2000. Recent advances in induced breeding of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Cah. Options Méditerr.* 47: 215-225.
- MASSARI A., MARINO G., DI MARCO P., AZURRO E. y MANDICH A. 1999. Ovarian maturity stages and periodicity of reproduction in the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834). En: *New species for Mediterranean Aquaculture*, Enne G. y Greppi G.F. (Eds.) Biofutur, Elsevier, París, pp. 297-301.
- PAPANDROULAKIS N., MYLONAS C.C., SYGGELAKI E., KATHARIOS P. y DIVANACH P. 2008. First reproduction of captive-reared wreckfish (*Polyprion americanus*) using GnRH α implants. En *Aquaculture Europe 08*. September 15-18, Krakow, Poland. *European Aquaculture Society Special Publication 37*: 507-508.
- PAPANDROULAKIS N., DIVANACH P. y KENTOURI M. 1997. Specific diversification in finfish mariculture: the Mediterranean case. En: *Proceedings of the international conference «Island aquaculture and tropical aquaculture»*. Martinique, 4-9 mayo 1997. EAS Special Publication: 223-224.
- PAPANDROULAKIS N., SUQUET M., SPEDICATO M.T., MACHIAS A., FAUVEL C. y DIVANACH P. 2004. Feeding rates, growth performance and gametogenesis of wreckfish (*Polyprion americanus*) kept in captivity. *Aquacult. Int.* 3: 1-13.
- PELETEIRO J.B., RODRÍGUEZ-VILLANUEVA J.L., CRESPO J. ALVAREZ-BLÁZQUEZ B., MARINO J.C., LINARES F., PÉREZ-RIAL E. y HERNÁNDEZ-URCERA J. 2010. First experiences with wreckfish culture (*Polyprion americanus*) in Galicia. Behaviour and ongrowing. En *Aquaculture Europe 2010*. Porto (Portugal): 988-989.
- PELETEIRO J.B., SAAVEDRA C., PÉREZ-RIAL E., SOARES E.C., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. y VILAR A. 2011. Diversificación de especies en acuicultura marina. Desarrollo de técnicas de cultivo de la cherna (*Polyprion americanus*). En *Congreso Nacional de Acuicultura 2011*. Castelldefels (Girona) España. 21-24/11/2011.
- RANDALL J.E. y HEEMSTRA P.C. 1993. Groupers of the World (Family Serranidae, Subfamily Ephinephelinae). *FAO Fisheries Synopsis*, 125 (16), 382 pp.
- RELINI G. 1999. Italy and biodiversity conservation in the Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Med.* 6: 151-171.
- REÑONES O., POUNIN N.V.C. y GONI R. 2002. Size related dietary shifts of *Epinephelus marginatus* in a western Mediterranean littoral ecosystem: an isotope and stomach content analysis. *J. Fish Biol.* 61: 122-137.
- ROBERTS C.D. 1977. The wreckfish *Polyprion americanus* (Schneider, 1801) in Irish waters: an underwater sighting and review of the Irish records. *Ir. Nat. J.* 19: 108-112.
- ROBERTS C.D. 1989. Reproductive mode in the percomorph fish genus *Polyprion* Oken. *J. Fish Biol.* 34: 1-9.
- SEDBERRY G.R., ANDRADE C.A.P., CARLIN J.L., CHAPMAN R.W., LUCKHURST B.E., MANOOCH C.S. III, MENEZES G., THOMSEN B. y ULRICH G.F. 1999. Wreckfish *Polyprion americanus* in the North Atlantic: fisheries, biology and management of a

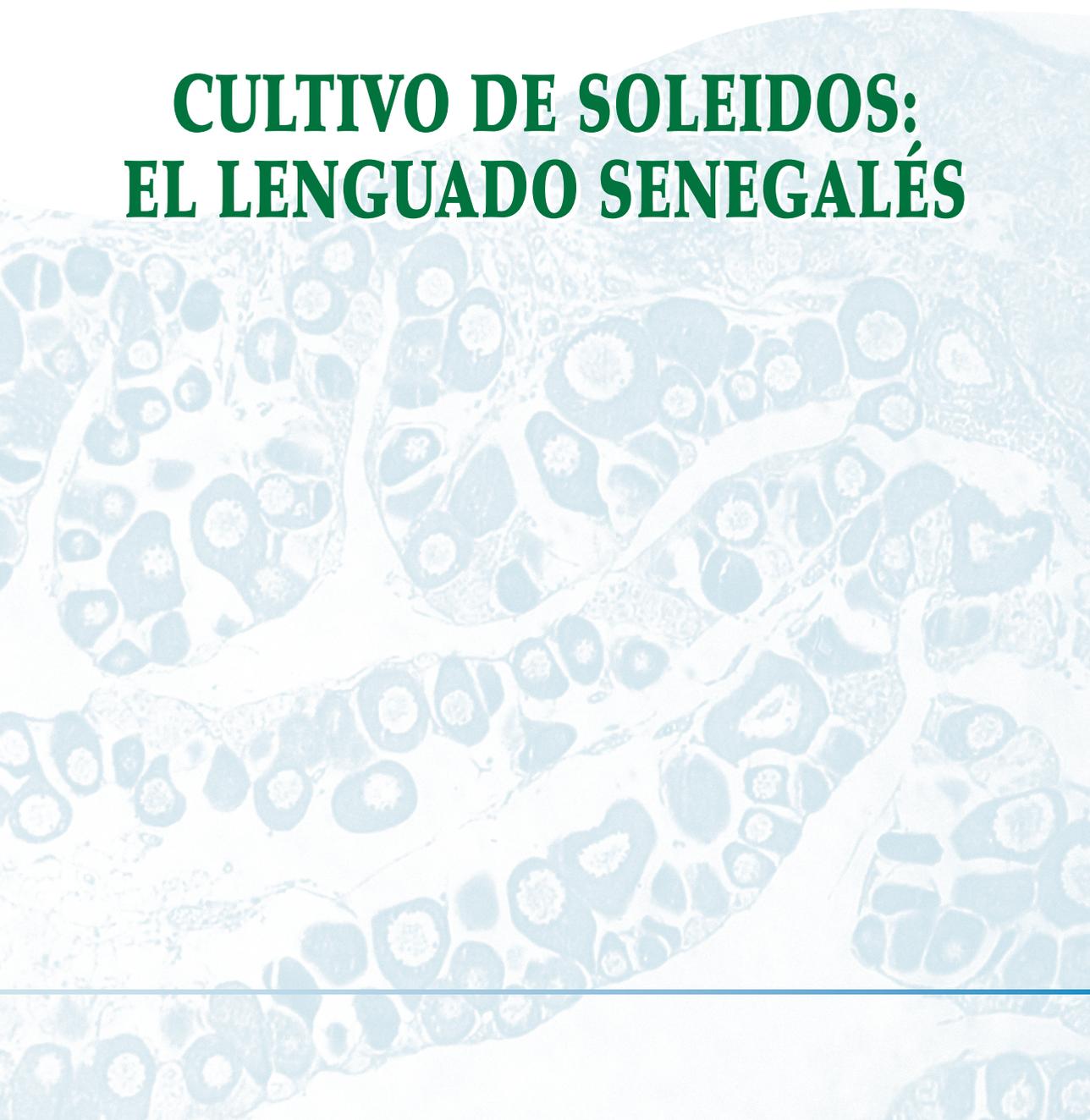


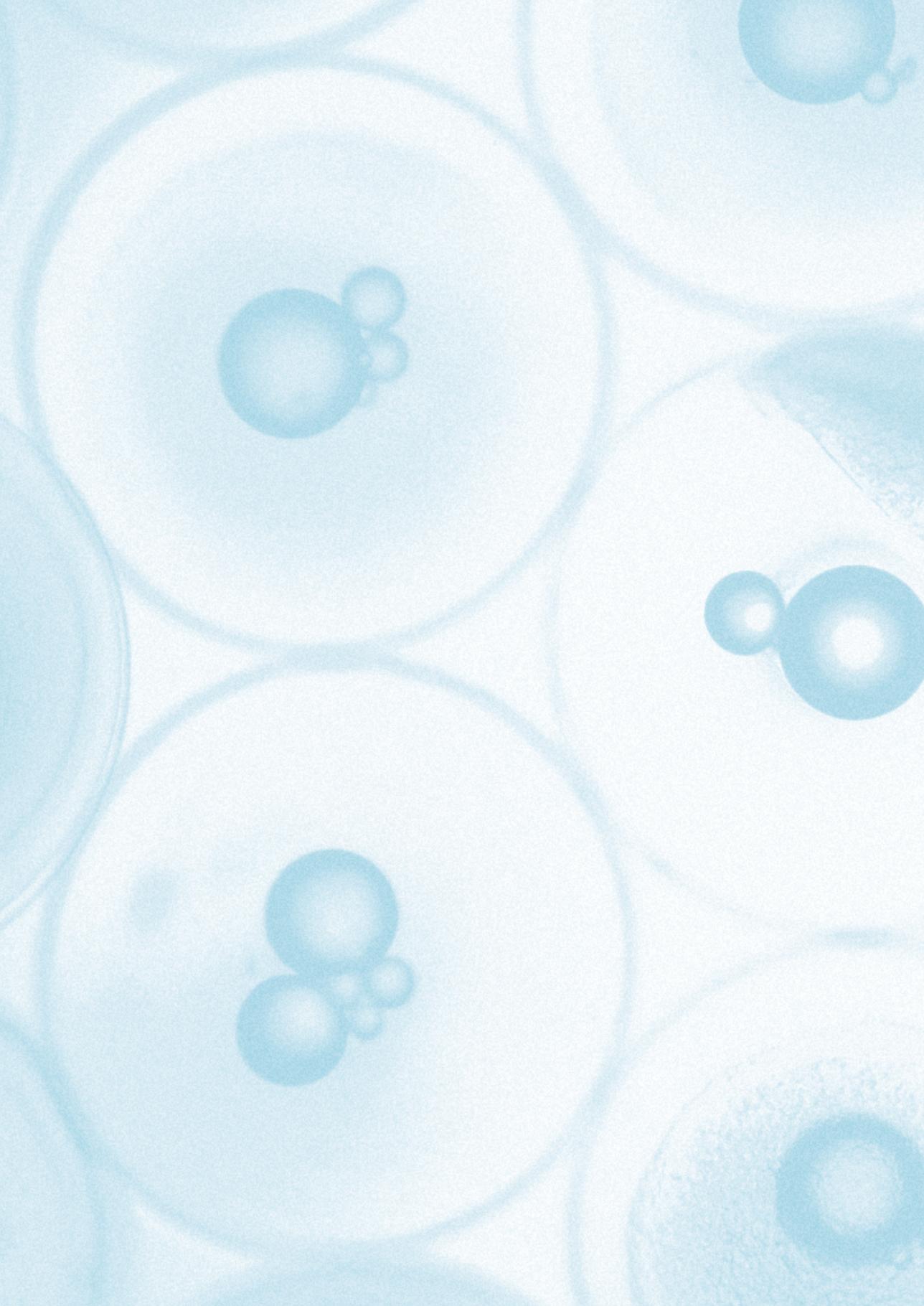
- widely distributed and long-lived fish. En: *Life in slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals*. Musick J. (Ed.). n.º 3, pp: 27-50.
- SEDBERRY G.R., CARLIN J. y MENEZES G. 1998. Movements of a pelagic-phase wreckfish, *Polyprion americanus* (Schenider, 1801), as indicated by tag and recapture. *Arquipiélago. Life and Marine Sciences*. 16A: 69-72.
- SEDBERRY G.R., CARLIN J.L., CHAPMAN R.W. y ELEBY B. 1996. Population structure in the pan-oceanic wreckfish *Polyprion americanus*, as indicated by mtDNA variation. *J. Fish Biol.* 49: 318-329.
- SPEDICATO M.T. y BOGLIONE C. 2000. Main constraints in the artificial propagation of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834): three years experimental trials on induced spawning and larval rearing. *Cah. Options Méditerr.* 47: 227-234.
- SUQUET M. y LA POMÉLIE C. 2002. *Le cernier (Polyprion americanus) : biologie, pêche, marché et potentiel aquacole*. Ed. IFREMER (Ressources de la mer), Plouzané (Francia). 279 pp.
- SUQUET M., NORMANT Y., SEVERE A., BARONE H., FOSTIER A., LE DELLIU H. y FAUVEL C. 2001. Growth performances of the wreckfish (*Polyprion americanus*) in captivity. En: *Larvi 2001. Spec. Publ. Eur. Aquacult. Soc.* 30: 586-589.
- TSIMÉNIDES N., MACHIAS A., SOMARAKIS S., VATSOS D., MARAVVEYA E., GIANNOULOKI M., MAGOULAS A. DIVANACH P., PAPANDROULAKIS N., SPEICATO M.T., LEMBO G., CARBONARA P., CONTEGIACOMO M., SILECCHIA T., SUQUET M., SEVERE A., NORMANT Y., BARONE H. y FAUVEL C. 2001. *State of the stocks of European wreckfish (Polyprion americanus)*. Rapport final CEE contract 98/041, DG XIV, 54.
- WYANSKI D.M. 1994. *The reproductive biology of wreckfish, Polyprion americanus, off the southeastern United States*. MARMAP contract (N.º 50-WCNF-0-06002), 6 pp.
- WYANSKI D.M., SEDBERRY G. y MANOOCH C.S. 1992. Age growth and reproductive biology of wreckfish (*Polyprion americanus*) in the western North Atlantic. En: *Proc. 72nd Annual Meeting of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists* (Abstract).
- YAMUZA M.P. y BRUZÓN M.A. 2009. Descripción histológica del digestivo del mero *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) nacido en cautividad. En: *XII Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de resúmenes*. Madrid, 24-26 noviembre 2009: 242-243.
- ZABALA M., LOUISY P., GARCÍA-RUBIES A. y GRACIA V. 1997. Spawning behaviour context of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (Nw Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.* 61(1): 65-77.
- ZOHAR Y. y MYLONAS C.C. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: From hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.



6

CULTIVO DE SOLEIDOS: EL LENGUADO SENEGALÉS





CULTIVO DE SOLEIDOS: EL LENGUADO SENEGALÉS

José Pedro Cañavate Hors

IFAPA Centro El Toruño. Junta de Andalucía

Resumen

El conocimiento científico sobre la biología y cultivo del lenguado ha experimentado un notable aumento durante la última década. Sin embargo, la acuicultura del lenguado continúa sin despegar a nivel industrial. Esta revisión describe los avances conseguidos hasta el momento y los obstáculos encontrados actualmente en el cultivo del lenguado. Una primera valoración de logros, muestra cómo la disponibilidad de puestas en cautividad y alevines cultivados en criadero ha dejado de ser un factor limitante para la producción, tal y como ocurrió durante bastante tiempo. Se aprecia por lo tanto una evolución tecnológica desde la perspectiva del ciclo integral de cultivo del lenguado. Los trabajos para comprender mejor la biología de la reproducción, el desarrollo larvario y los factores involucrados en la aparición de malformaciones esqueléticas avanzan, no obstante, con la finalidad de optimizar la etapa de producción en criadero. Una de las metas más relevantes en esta etapa de cultivo es la de conseguir dominar la reproducción artificial y facilitar de esta manera el acceso a futuros programas de selección genética.

La disponibilidad de alevines ha permitido durante varios años llevar a cabo actividades de engorde de lenguado. En algunos casos el engorde intensivo ha mostrado resultados satisfactorios, pero la frecuencia con la que se producen episodios negativos es excesiva, debido



a la incidencia de patologías que merman drásticamente la producción. La infección por *Photobacterium damsela* subsp *piscicida* se muestra especialmente grave, en particular en las costas de clima más cálido. Las diferentes actuaciones que se han llevado a cabo en relación al crecimiento de juveniles de lenguado han sido analizadas, considerándose que las pautas de manejo han estado excesivamente influenciadas por los hábitos adquiridos en la piscicultura de otras especies. Esta situación ha podido repercutir en la estabulación y manejo del lenguado bajo unas condiciones quizás excesivamente alejadas de sus necesidades reales, que probablemente los debilita en exceso y facilite la acción de patógenos, de carácter oportunista, en muchos casos. Una importante cantidad de información avala la existencia de notables diferencias entre la familia Soleidae y otras especies de peces empleadas en la acuicultura. Se sugiere el desarrollo de técnicas de cultivo más próximas a los requerimientos biológicos del lenguado de manera que, a través de un mejor control de su bienestar fisiológico, pueda avanzarse en una faceta clave como es en la actualidad la de conseguir lenguados resistentes a las enfermedades.

Palabras clave: lenguado, reproducción, cultivo larvario, engorde, patología, producción.

Abstract

Scientific knowledge on biology and the culture of flatfish has experimented significant advances during the last decade. However, commercial sole aquaculture is still at a very low level of production. In this review, recent advances achieved to date as well as current constraints in sole aquaculture are described. Advances in captive reproduction have led to sole juvenile availability from hatcheries. This step does not restrict current sole aquaculture as used to occur during some time. There is thus some progress when considering the whole production cycle of sole aquaculture. Research for a better understanding on reproductive biology, larval development and factors involved in skeletal malformations are being undertaken aiming at optimizing sole hatchery production. One of the main goals at this production stage is that of achieving artificial reproduction, allowing for further programs on genetic selection.



Juvenile availability has allowed performing sole growing trials for several years. Production of juvenile soles has been successfully in some instances. However, there have been too many failed attempts, which were basically due to high pathological events. Photobacterium damsela subsp piscicida is the main pathogen affecting to viability of sole production, particularly in those areas with a milder climate. It is suggested that husbandry practises used in sole production have been too influenced by those learned from other commercial fish species already cultured. Such practises might have lead to conditions under which soles are kept under conditions quite far from their optimum that may make them more prone to disease. There is plenty of information supporting wide biological differences between the Soleidae and other fish species commonly used in aquaculture. It is finally suggested that future protocols for rearing soles should be closer to what is being already known on their biological aspects. One relevant goal will be that of achieving disease resistant soles by improving their welfare under culture conditions.

6.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, hablar del cultivo de lenguados en España implica básicamente considerar aquellas actuaciones llevadas a cabo desde los sectores de la investigación y de la producción en relación al denominado lenguado Senegalés (*Solea senegalensis*). La práctica totalidad de publicaciones científicas y técnicas elaboradas en la última década, así como de iniciativas empresariales, hacen mención a esta especie. A nivel general, no se aprecia por lo tanto un interés significativo por el cultivo del lenguado común (*Solea solea*), especie que históricamente fue la primera en atraer la atención acuícola hacia el lenguado. El lenguado senegalés forma parte pues de un grupo amplio de especies de peces que han sido objeto de estudio acuícola con el objeto de diversificar la piscicultura (Divanach, 2003). Dentro de este grupo presenta una peculiaridad, junto a un muy reducido número de componentes del mismo, como es su elevada demanda de mercado. Es por ello, por lo que todavía se continúa apostando por trabajar en la resolución de los aspectos que condicionan la consecución de un proceso zootécnico que permita producir lenguado de manera sostenida, con



una cuota significativa en las estadísticas de producción y con rentabilidad económica.

La acuicultura del lenguado no presenta un factor único responsable de su escasa producción acuícola, ya que su ciclo de cultivo ha sido completado en numerosas ocasiones, tanto en Centros de investigación, como en la industria. Así, los diversos procesos productivos implicados en la reproducción en cautividad, la obtención de alevines y el engorde de juveniles, han sido llevados a cabo con éxito en varias instalaciones. Esto marca una clara distancia respecto a otras especies de interés acuícola en las que la resolución de algunos de los eslabones clave en la cadena de producción se encuentra notablemente menos desarrollado. Un rasgo característico en la acuicultura del lenguado es la falta de repetibilidad para algunos de los procesos implicados en el sistema productivo, destacando aquellos relacionados con el control de la reproducción en cautividad de individuos procedentes de primera generación y, por encima de todo, la excesiva aparición de episodios epizoóticos durante el engorde.

A pesar de estos inconvenientes, son numerosos los avances conseguidos desde que se realizaron los primeros estudios (Ramos, 1982; Rodríguez, 1984; Dinis, 1986), en particular durante los últimos diez años. A lo largo de este tiempo, el sector productor ha tomado también numerosas iniciativas, consciente del elevado valor y demanda del producto en el mercado. Sin embargo, la elevada variabilidad de condiciones existentes en las diversas instalaciones acuícolas, unido a la ausencia de un conocimiento científico definitivo sobre los requerimientos específicos del lenguado en cultivo, han derivado en excesivas ocasiones en el fracaso de la aventura empresarial. Es necesario por lo tanto analizar el proceso completo desde una perspectiva global, adquiriendo una visión de integración entre los principales factores que limitan el cultivo del lenguado. Los objetivos de futuro tienen que conseguir definir condiciones de cultivo que permitan acceder a una acuicultura del lenguado con características y nivel de riesgo similares al de especies que dominan el mercado de la piscicultura marina.

Quizás una de las estrategias a seguir en el futuro de cara a resolver aspectos básicos en el cultivo del lenguado sea la de aproximar determinadas pautas de manejo a los conocimientos adquiridos sobre su



biología. Es probable que hasta ahora las directrices generales seguidas en el cultivo del lenguado hayan estado excesivamente influenciadas por las establecidas para otras especies piscícolas, cuyos requisitos y características son bien diferentes. En este sentido, es preciso resaltar la importancia que puede tener la modificación de factores zootécnicos de acuerdo a aspectos relacionados con la ubicación taxonómica del lenguado, las señales que guían su reproducción en la naturaleza, su nicho ecológico de alimentación y las características del metabolismo de diferentes nutrientes.

Solea senegalensis (Kaup 1858) es un teleósteo marino incluido en el orden Pleuronectiformes y familia Soleidae. Este orden taxonómico se construyó en base a la característica común de sus componentes por presentar un cuerpo plano, asociado a un hábito de vida bentónico, y se ha considerado como monofilético. Sin embargo, un estudio basado en la secuencia del gen 16S del ADN mitocondrial, revela la existencia de una importante distancia filogenética entre la familia Soleidae y el resto de familias, sugiriendo una eventual monofilia para los Soleidos (Pardo *et al.*, 2005). No es recomendable por lo tanto asociar características biológicas de otros peces planos al género *Solea*, ya que ello puede llevar a la aplicación de métodos de cultivo que no sean acertados. En lo que respecta a su distribución, el lenguado habita principalmente en la costa Atlántica oriental, desde el Golfo de Guinea hasta el de Vizcaya, así como en aguas del Mediterráneo occidental y Norte de África. No presenta caracteres sexuales externos diferenciables y los sexos están separados. La madurez sexual se produce a los 3 años de edad y en el medio natural es capaz de reproducirse durante prácticamente todo el año, algo avalado por la constancia de la presencia de larvas en las marismas de la Bahía de Cádiz (Arias y Drake, 1990). Tras el desove, los huevos dan lugar a larvas pelágicas que poseen simetría bilateral. Después de unos 10-12 días de vida en el subsistema planctónico, experimentan una metamorfosis, que dura una semana, al cabo del cual se transforman en juveniles asimétricos y con hábito de vida bentónico. Este proceso es común a todos los peces planos, resaltando el hecho de que la edad a la que se inicia la metamorfosis en la familia Soleidae es de las más tempranas. A partir de este momento, el lenguado habita sobre sustratos areno-



sos o fangosos, extendiéndose desde el entorno intermareal hasta profundidades en torno a 100 metros en el mar (Quéro *et al.*, 1986). Durante el resto de su ciclo de vida, la alimentación se realiza a base de crustáceos, bivalvos y poliquetos, capturados en el subsistema bentónico. Este rasgo también lo diferencia de otras familias de peces planos. A destacar también el hábito de vida nocturno del *S. senegalensis* (Bayarri *et al.*, 2004).

En este capítulo sobre la situación del cultivo del lenguado se analizan los avances científicos, en combinación con los éxitos y fracasos tecnológicos registrados. La idea es acercar posiciones entre el conocimiento básico generado en torno a la biología del lenguado y las actuaciones llevadas a cabo en su zootecnia. Se pretende contribuir a encontrar una situación en la que se identifiquen parámetros de cultivo más de acuerdo a las necesidades fisiológicas que se van conociendo cada vez mejor para la especie. El contenido de la revisión se estructura en torno a tres etapas elementales de cultivo: Obtención de puestas en cautividad, producción de alevines y engorde de juveniles.

6.2. OBTENCIÓN DE PUESTAS EN CAUTIVIDAD

Los primeros episodios de puesta a partir de reproductores salvajes de *Solea senegalensis* aclimatados a tanques en cautividad fueron registrados por Rodríguez (1984) y Dinis (1986). Sin embargo, no es hasta 1999 cuando Dinis describe su reproducción natural en cautividad de manera regular durante un periodo estable de tiempo. En un estudio posterior, Anguis y Cañavate (2005) analizan el patrón de distribución de las puestas de lenguado a lo largo de un periodo continuo de dos años y las relacionan con las fluctuaciones de temperatura del agua. A pesar de estos trabajos, conseguir puestas con regularidad a partir de reproductores mantenidos en cautividad en numerosas instalaciones diferentes a las responsables de los estudios anteriores, fue durante bastante tiempo un serio factor limitante para el desarrollo del cultivo de *S. senegalensis*. Afortunadamente, en la actualidad esta situación ha revertido y son diversas las instalaciones, públicas y privadas, que llevan a cabo la reproducción natural del lenguado. Visto ahora, sorprende el prolongado tiempo que llevó la aplicación de téc-



nicas sencillas de captura, manejo, estabulación, alimentación y control de la calidad de agua en tanques con reproductores de lenguado para facilitar su desove espontáneo.

El sistema de desove natural a partir de reproductores salvajes aclimatados a cautividad en tanques provistos de recogedores pasivos de huevos (Figura 1) es el más utilizado en la actualidad. En este sistema, estabulando densidades de un ejemplar por metro cuadrado, y con proporciones de sexo de 1♀:1♂ a 1♀:2♂, se han registrado puestas naturales desde Febrero a Mayo, y desde Octubre a Diciembre, con una fecundidad media en torno a 28 000 huevos por puesta y kilo de ejemplar hembra (Anguis y Cañavate, 2005). En un cómputo anual, la fecundidad alcanza millón y medio de huevos por kilo de ejemplar.

El lenguado senegalés realiza la puesta dentro de un amplio intervalo de temperatura ya que la práctica totalidad de los desoves se producen entre 15 °C y 22 °C (Anguis y Cañavate, 2005). Asimismo, se señala la existencia de una clara correlación positiva entre las fluctuaciones diarias en la temperatura del agua y la fecundidad relativa. Esta característica



FIGURA 1.

Tanque tipo empleado para la estabulación de reproductores de lenguado con detalle del sistema para la recolección pasiva de huevos fertilizados.

ha sido aplicada con éxito en varias instalaciones para inducir la puesta del lenguado. Se ha comprobado también que la manipulación del ciclo anual de temperatura, frente a condiciones de estabilidad térmica, estimula la maduración sexual de *S. senegalensis*, de manera además independiente a la duración del fotoperiodo (García-López *et al.*, 2008). Se han aportado igualmente evidencias endocrinas que ponen de manifiesto la disminución en el nivel de hormonas sexuales cuando los reproductores de lenguado son mantenidos bajo condiciones de temperatura constante (García-López *et al.*, 2006a; Oliveira *et al.*, 2009).

Cuando la temperatura se sitúa fuera del intervalo óptimo para el desove, se produce una regresión gonadal en las hembras, regresión que desaparece si la temperatura vuelve a situarse dentro de esos valores. Por el contrario, los machos presentan a lo largo de todo el año la capacidad de emitir semen, aunque la cantidad producida es siempre muy reducida. En estudios de reproducción bajo fluctuaciones naturales de temperatura del agua, pero evitando los valores estivales superiores a 22 °C, se pudo comprobar la producción de puestas de manera interrumpida entre los meses de febrero a noviembre (Cañavate *et al.*, 2005). Estos mismos autores demostraron una notable reducción de la fecundidad cuando la variación de la fluctuación térmica fue reducida hasta valores cercanos a la constancia. En la Tabla I se reflejan los valores medios de fecundidad y porcentaje de fecundación para reproductores de lenguado sometidos a tres regímenes bien diferenciados de temperatura del agua.

Por el momento, el sistema de reproducción basado en el desove espontáneo de reproductores de origen salvaje, con o sin inducción por

TABLA I.

Resultados medios de fecundidad en reproductores de lenguado sometidos a tres regímenes con diferente nivel de fluctuación en la temperatura.

	Régimen de temperatura del agua		
	Natural	Amortiguado	Reducido
Variación de temperatura (°C) en 48 h	0,77 ± 0,63 (0,0 a 3,2)	0,56 ± 0,48 (0,0 a 2,3)	0,12 ± 0,21 (0,0 a 0,6)
Fecundidad relativa (huevo kg ⁻¹ d ⁻¹)	22300 ± 17075	9784 ± 9560	11106 ± 10663
Porcentaje de fecundación	54 ± 17	42 ± 22	45 ± 16



temperatura, es el más utilizado. Este sistema permite conseguir una cantidad suficiente de larvas para llevar a cabo la producción acuícola de la especie, pero no permite ejercer mucho control sobre los reproductores, en particular en lo que a un eventual programa de selección genética se podría referir. Se trata de un sistema estable en el tiempo, pero que puede estar sujeto a fenómenos de pérdida de eficiencia, al haberse observado disminución de fecundidad en ejemplares estabulados de manera continua durante más de tres años (Dinis *et al.*, 1999).

El efecto del fotoperiodo sobre la reproducción en cautividad del lenguado está poco estudiado, aunque alguna influencia se ha sugerido ante la observación de bloqueo de la maduración que se produce bajo un fotoperiodo permanente (García-López *et al.*, 2006a). Otros aspectos relacionados con la transducción de señales lumínicas en variación de niveles de hormonas sexuales indican que la luz lunar puede estar en el origen de fenómenos de sincronización de puestas, ya que los esteroides sexuales aumentan significativamente durante la fase de luna llena (Oliveira *et al.*, 2010).

Uno de los aspectos de mayor dificultad en la reproducción del lenguado es el de conseguir su desove espontáneo a partir de individuos procedentes de primera generación (F1). Son muy escasas las referencias a este respecto (Cañavate *et al.*, 2005; Calvo *et al.*, 2005) y siempre describen valores de fecundidad y frecuencia de puesta fertilizada muy inferiores a los obtenidos con ejemplares de origen salvaje mantenidos bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo (Anguis *et al.*, 2007a). Las causas de esta disfunción no están lo suficientemente aclaradas, pero existen indicios sobre algunos aspectos que podrían estar en el origen de las mismas. Así, la ausencia de cortejo sexual observada mediante video filmación de reproductores F1 (Duncan *et al.*, 2008) puede explicar en parte este fracaso reproductor, dado lo importante que resulta en el lenguado la íntima aproximación de gonoporos entre ambos sexos para que se produzca la fertilización de los ovocitos (Baynes *et al.*, 1994). Las causas que derivan en la falta de cortejo en ejemplares F1 son desconocidas. No obstante, existen algunas hipótesis de trabajo al respecto que proponen cómo factores externos actuando durante el desarrollo temprano del lenguado bajo las condiciones de criadero podrían condicionar su facultad para el

cortejo cuando alcanzan la edad reproductora. La teoría de un fallo de cortejo sexual encuentra un apoyo en el hecho de haber sido posible efectuar fecundación artificial del lenguado empleando machos y hembras maduros procedentes de cultivo (Chereguini *et al.*, 2007; Liu y Lei, 2008). Los reproductores F1 maduran pues en cautividad, pero no son capaces de llevar a cabo la fertilización entre gametos. La reproducción artificial del lenguado es por lo tanto una estrategia viable para conseguir la reproducción de ejemplares F1. Sin embargo, su aplicación requiere todavía un proceso importante de optimización.

Uno de los obstáculos principales para desarrollar la reproducción artificial del lenguado es el de la reducida cantidad de esperma producida por los machos (Cabrita *et al.*, 2006), con volúmenes normalmente inferiores a 0,1 ml. Se trata de un factor inherente a la propia biología de la reproducción de esta especie, cuyo conocimiento básico resulta fundamental, y al que es necesario adaptarse de cara a conseguir unos resultados zootécnicos adecuados. En un detallado estudio endocrino y de desarrollo, García-López *et al.* (2006b) describen la naturaleza oligospérmica del testículo de *S. senegalensis*, así como la compatibilidad de su fisiología con la producción de esperma a lo

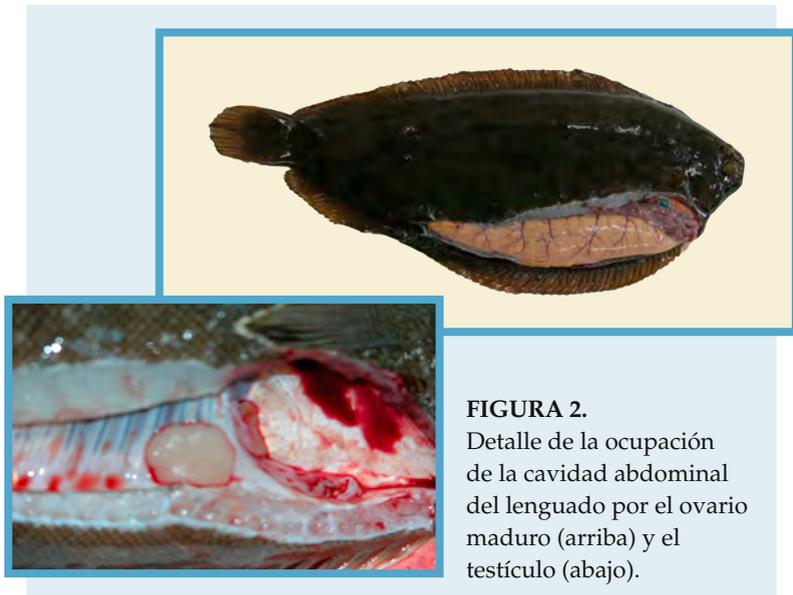


FIGURA 2.
Detalle de la ocupación de la cavidad abdominal del lenguado por el ovario maduro (arriba) y el testículo (abajo).



largo de todo el ciclo anual. Las diferencias entre gónadas masculina y femenina son muy evidentes también a nivel anatómico, apreciándose en la Figura 2 la pequeña ocupación que el testículo representa en la cavidad abdominal respecto de la que ocupa el ovario. Se ha descrito además que la calidad del esperma de lenguado durante el periodo principal de reproducción presenta una notable variabilidad entre ejemplares (Beirao *et al.*, 2009), siendo también susceptible de variación según la estación del año (Anguis *et al.*, 2007b).

A la vista de los conocimientos que se generan sobre la biología de la reproducción del lenguado resulta obvio que es necesario adaptarse a ellos y modificar algunas de las técnicas convencionales para la reproducción artificial. Entre ellas, por ejemplo, un aspecto clave como es el del masaje abdominal para la recolección de semen puede resultar algo más complejo en el lenguado (Figura 3).

Por otro lado, diversos ensayos realizados mediante tratamiento hormonal para facilitar la maduración sexual y la puesta en cautividad han mostrado resultados diferentes a los que se venían encontrando para otros teleósteos. Así, algunos tratamientos hormonales fueron efectivos para estimular la ovulación, pero no para producir un aumento en la producción de esperma (Agulleiro *et al.*, 2006; Guzmán *et al.*, 2008). La estimulación del ovario ha sido incluso mejorada mediante el empleo de sistemas de liberación lenta de hormonas, pero aún así el resultado positivo de puestas espontáneas no ha sido acompañado de fertilización alguna (Guzmán *et al.*, 2009). Algunos resul-



FIGURA 3. Método para la extracción de semen en el lenguado mediante presión y aspiración con jeringa.



tados positivos de aumento en la espermatogénesis se han descrito no obstante al aplicar tratamientos andrógenos específicos en combinación con implantes de GnRH α (Agulleiro *et al.*, 2007). El papel del macho en la reproducción del lenguado se presenta por el momento como el factor más complicado para conseguir controlar esta etapa del ciclo de cultivo, no solo desde la perspectiva de su endocrinología sino también desde el análisis de las posibles causas que, a lo largo del ciclo de vida en cultivo, puedan influir sobre el fallo de ejemplares F1 para efectuar el cortejo sexual.

6.3. PRODUCCIÓN DE ALEVINES DE LENGUADO

Esta etapa de cultivo tiene un momento de inicio claro en la incubación de huevos fertilizados y un punto de finalización variable, determinado por el tamaño de alevín que se desee obtener. En el caso presente se considera un proceso de alevinaje de 90 días, periodo al cabo del cual es posible conseguir lenguados con un peso entre 1,5 y 2,0 g. Independientemente del punto final que se determine para la conclusión de esta etapa de cultivo, hay que distinguir dos fases claramente diferenciadas, que se llevan a cabo de manera secuencial tras la eclosión de las larvas. La primera fase concierne obviamente al cultivo de las propias larvas, hasta que estas completan la metamorfosis. Se trata de una fase de duración fija, dada la exactitud de tiempo con la que se completa la metamorfosis bajo unas condiciones de cultivo bien conocidas. La segunda fase se caracteriza por ser ejecutada bajo condiciones muy diferentes debido al importante cambio en los hábitos de vida que se producen en el lenguado una vez finalizan la metamorfosis y se hacen bentónicos. El final de la misma, como ya se ha apuntado, es bastante flexible y depende de las preferencias de talla final elegidas por el productor.

El cultivo larvario del lenguado se inicia tras la eclosión de la larva (día 0 de cultivo) y finaliza tras completarse la metamorfosis en torno al día 20 de edad. Entre los peces planos existen patrones muy diferentes de metamorfosis, los cuales se enmarcan dentro de los denominados «tipo platija» (en peces de mayor tamaño y con duración larga) y «tipo lenguado» (en peces menores y con duración más corta) de acuerdo a lo



descrito por Osse y Van den Boogaart (1997). El lenguado realiza pues la metamorfosis con una edad notablemente más temprana a la que presentan otros peces planos empleados en acuicultura (*Scophthalmus*, *Paralichthys*, *Hippoglossus*). La metamorfosis implica cambios fisiológicos y morfológicos muy grandes. En la Figura 4 se aprecian las diferencias generadas en el plazo de una semana entre un individuo antes de iniciar la metamorfosis y otro que la acaba de completar.

La metamorfosis supone también un cambio drástico en el modo de vida del lenguado, el cual pasa de ser pelágico a bentónico. Por ello, a partir de este momento esta especie se desarrolla básicamente en un entorno bidimensional, en lugar de hacerlo a lo largo de la columna de agua. Este hecho condiciona la necesidad de cambiar el tipo de tanque y el régimen de circulación de agua, entre otras cuestiones. En la Tabla II se resumen las principales características de los hábitos de vida y alimentación del lenguado, antes y después de la metamorfosis, que rigen los criterios para el manejo en cultivo de esta especie.



FIGURA 4.

Larva pre-metamórfica de 11 días de edad (abajo) y ejemplar de lenguado de 21 días, justo después de finalizar la metamorfosis (arriba).

TABLA II.

Principales estímulos y hábitos de alimentación durante el desarrollo larvario del lenguado.

Hábito de vida desde eclosión hasta después de metamorfosis.					
	0	3-4	11-12	18-20	Días de edad
	Embrión	Planctónico	Planctónico-Bentónico		Bentónico
Estímulos alimentarios		visuales	visuales/olfatorios		olfatorios
Hábito alimentario		diurno	diurno/nocturno		nocturno
Ingestión de alimento (%)	70	120	30		40

Las larvas recién eclosionadas se recogen preferentemente por flotación a partir de incubadores y condiciones de incubación convencionales para huevos de peces, y se transportan a los tanques de cultivo larvario. Existe un amplio margen para la densidad de estabulación, pero un valor de 40 larvas por litro de cultivo en los tanques donde vayan destinadas se considera óptimo para conseguir un buen desarrollo larvario y metamórfico, que de lugar posteriormente a alevines de calidad. La luz se mantiene apagada y se aplica una renovación de agua (temperatura de 19-20 °C) del 50% diario hasta el día 3, momento en el que las larvas son capaces de iniciar la alimentación exógena. A partir de aquí comienza el cultivo larvario, para el cual se han desarrollado las correspondientes técnicas de producción industrial en criadero. Buena parte de estas técnicas tienen su origen en trabajos de investigación sobre el desarrollo y cultivo larvario de la especie (Dinis *et al.*, 1999; Cañavate y Fernández-Díaz, 1999; Fernández-Díaz *et al.*, 2001).

El cultivo larvario y la obtención de alevines de lenguado en criadero es un proceso bien desarrollado que permite obtener valores de supervivencia muy elevados. En la Figura 5 se recogen los principales rasgos de esta etapa de cultivo, así como los resultados medios de producción previsible cuando se sigue el protocolo establecido. A resaltar, la importancia de cambiar el diseño de los tanques de cultivo después de que los peces adquieran el hábito bentónico de vida.

Los estados larvarios del lenguado presentan elevadas tasas de crecimiento, coincidentes con un elevada tasa de ingestión de alimento



FIGURA 5.

Esquema general de las técnicas empleadas en el cultivo larvario del lenguado y resultados medios obtenidos en el proceso de producción.

que llega a superar el 100% de la biomasa de las larvas al día (Cañavate *et al.*, 2007a). Son igualmente muy resistentes al manejo y las condiciones de cultivo. Los cambios morfológicos externos experimentados por las larvas de lenguado desde la eclosión hasta el momento previo a la metamorfosis están ilustrados en la Figura 6. Bajo condiciones óptimas, prácticamente la totalidad de la población larvaria es capaz de efectuar la metamorfosis, hacia los 20-21 días de edad (Fernández-Díaz *et al.*, 2001).

Dos factores externos básicos para el desarrollo larvario, como son temperatura e iluminación están ajustados para óptimos resultados de crecimiento y supervivencia. La temperatura de trabajo se mantiene siempre entre 19 °C y 20 °C, mientras que la duración del fotoperiodo no ejerce influencia significativa en el crecimiento y la supervivencia hasta el final de la metamorfosis (Cañavate *et al.*, 2007a), si bien en

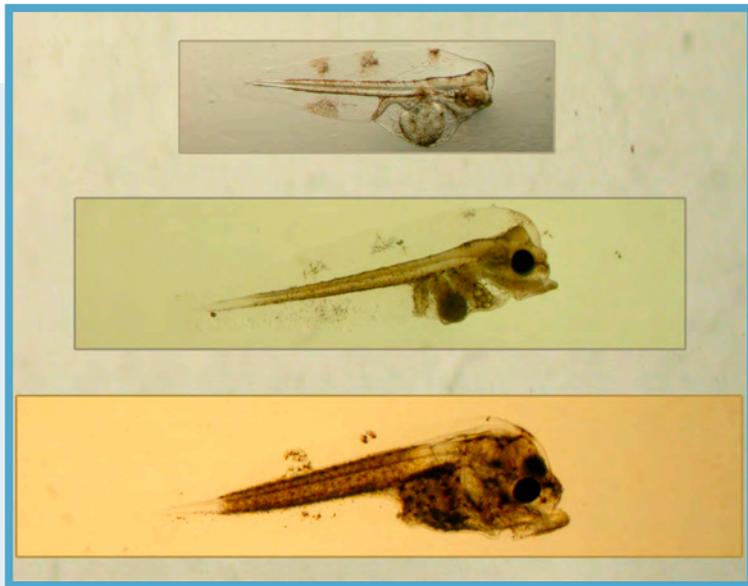


FIGURA 6.

Evolución morfológica de larvas de lenguado desde la eclosión (arriba), hasta el inicio de la metamorfosis (abajo), pasando por un estadio intermedio de 4 días de edad (en medio).

este estudio se detectó que un pequeño porcentaje (1,8%) de las poblaciones mantenidas bajo fotoperiodo permanente presentaban fallo en la migración ocular. Un estudio sobre la influencia de la variación del termo-ciclo a escala diaria demostró como el más cercano al existente en la naturaleza reducía significativamente el porcentaje de malformación de la mandíbula (Blanco-Vives *et al.*, 2010). Por otro lado, la intensidad lumínica, en un amplio intervalo desde 200 a 2000 lux, no afectó al desarrollo larvario de *S. senegalensis* en cultivo (Cañavate *et al.*, 2007b). Poco se conoce no obstante sobre los efectos que ejercen estos parámetros, que se han ajustado desde una perspectiva básicamente productiva, sobre caracteres biológicos del lenguado que se expresen más adelante en su ciclo de vida.

Para la alimentación de larvas de lenguado se emplean rotíferos, combinados con fitoplancton marino, durante los 4 a 6 primeros días después de la apertura de la boca. La secuencia continúa con la utili-



zación de metanauplios de *Artemia* hasta edades variables entre 40 y 60 días, según criterio del operador. En cualquier caso, el periodo de utilización de *Artemia* en el lenguado es más prolongado que el seguido con especies como dorada o lubina. La flexibilidad en las fechas de cambio para los dos tipos de presa viva es bastante grande, existiendo casos incluso en los que no se utiliza rotífero, pasando a alimentar directamente desde el inicio de la alimentación exógena con *Artemia* (Aragao, 1999; Villalta y Estévez, 2005). No existe unanimidad sobre las ventajas de usar o no rotíferos durante los primeros días, ya que en algunos casos se relata un mayor crecimiento larvario cuando se emplea *Artemia* directamente (Villalta y Estévez, 2005), mientras que otras opiniones consideran la importancia que presenta la alimentación con rotíferos gracias a la mejor posibilidad de vehicular microalgas marinas en esos pocos días iniciales en la vida del lenguado, cuando el nivel de desarrollo fisiológico de las larvas es muy bajo. Los posibles requerimientos de numerosos oligonutrientes, todavía desconocidos, solo pueden ser garantizados por un aporte de microalgas durante esos días. El plazo de utilización de presas vivas en el lenguado se extiende de cualquier manera bastante tiempo después de sufrir la metamorfosis. El destete ocurre por lo tanto a una edad superior a la empleada con otros peces, ello a pesar de haberse avanzado notablemente gracias a la formulación de piensos específicos que incluyen hidrolizados de harina de pescado (Day *et al.*, 1999) y de haberse descrito la presencia de actividad pepsina a los 30 días de edad (Ribeiro *et al.*, 2002). Son varios los tipos de piensos comerciales utilizados para el destete del lenguado (Engrola *et al.*, 2004). Otra opción que se demostró en su momento viable para efectuar un destete temprano en el lenguado es la de co-alimentar con dietas vivas e inertes desde el inicio de la alimentación exógena (Cañavate y Fernández-Díaz, 1999). Esta estrategia de alimentación se ha comprobado que ayuda también en la maduración del sistema digestivo de las fases tempranas del *S. senegalensis*, además de mejorar la calidad de los alevines (Engrola *et al.*, 2009).

El hecho de conocer las técnicas para obtener resultados óptimos de crecimiento y supervivencia no significa que ya esté todo resuelto en relación a la etapa de cultivo larvario y metamorfosis del lenguado.



Todavía es necesario profundizar en aspectos básicos de la fisiología larvaria que son clave en la determinación de características que van a afectar a lo largo del ciclo de producción del lenguado. Es en esta etapa donde se van a determinar algunos de los rasgos más importantes que afectarán a la viabilidad y calidad de la producción. Básicamente, estos rasgos se pueden agrupar en dos puntos principales: malformaciones anatómicas y fallos en la pigmentación de la piel. Antes de entrar en más detalle al respecto, es preciso reconocer que existe una elevada variabilidad para las condiciones de manejo y alimentación seguidas, no solo en los diferentes Centros de investigación, sino también en las empresas dedicadas a la producción de alevines de lenguado. Esta variabilidad, unida a una eventual variabilidad añadida debida a cuestiones con origen genético, no permite en ocasiones acceder a conclusiones claras sobre las causas que están en la base de malformaciones o fallos de pigmentación.

Los primeros estudios relacionados con la existencia de malformaciones esqueléticas en el lenguado cultivado en criadero hacían referencia a factores como una nutrición deficiente, en combinación con inadecuadas condiciones del medio de cultivo, como causantes de las alteraciones esqueléticas (Gavaia *et al.*, 2002). Una comparación posterior entre lenguados cultivados en criadero y otros procedentes del medio natural confirmó la relación directa existente entre cría en cautividad de alevines de lenguado y porcentaje de deformaciones esqueléticas (Gavaia *et al.*, 2009). Estos autores encontraron hasta un 79% de individuos con deformaciones osteológicas frente a un 19% existente en ejemplares salvajes. Los factores nutricionales desempeñan un papel principal en la aparición de malformaciones, bien directamente por su deficiencia o exceso, o indirectamente a través de su interacción con el eje tiroideo. El desarrollo de la metamorfosis en *S. senegalensis* está íntimamente relacionado con la actuación de hormonas tiroideas (Manchado *et al.*, 2008) y se ha comprobado como un exceso de vitamina A en la dieta larvaria desencadena malformaciones esqueléticas, probablemente mediante una interacción con hormonas tiroideas (Fernández *et al.*, 2009). Debido a la edad tan temprana en la que se inducen las malformaciones y el excesivo tiempo que se tarda en percibir las externamente en los peces, es necesario



contar con métodos de detección precoz de aquellas. Para ello, se utiliza un procedimiento para visualización del esqueleto basado en el empleo de azul alcian para teñir cartilago y rojo alizarina para evidenciar estructuras óseas calcificadas (Gavaia *et al.*, 2000) que permite comprobar la existencia incluso de pequeñas alteraciones óseas en fases juveniles tempranas (Figura 7). La precisión que se alcanza en la identificación de alteraciones esqueléticas con esta técnica es muy alta y ello conlleva a obtener resultados de frecuencias elevadas de malformaciones, incluso en poblaciones salvajes. En este sentido, sería interesante conocer que proporción de estas malformaciones van a afectar a la imagen del producto final acuícola.

Entre las alteraciones más comunes en peces planos cultivados en criadero los fallos de pigmentación, o pseudoalbinismo, son comunes. A partir de los numerosos estudios publicados para varias especies de interés acuícola es posible intuir una correlación entre la magnitud de la incidencia de fallos de pigmentación en la piel y en la migración



FIGURA 7.

Estructura ósea de un alevín de lenguado con tinción de rojo alizarina.

ocular con la edad de inicio y duración de la metamorfosis. De esta manera, el lenguado se puede considerar de las especies menos sensibles a este problema. No obstante, los episodios de melanosis parcial, pigmentación del lado ciego y fallo de migración ocular (Figura 8) ocurren con cierta frecuencia en *S. senegalensis*, aunque con una elevada variabilidad, según la instalación y/o manejo al que son sometidas las larvas. La mayoría de los estudios relacionados con el pseudoalbinismo sugieren una causa nutricional en lugar de una con base genética. En el caso de *S. senegalensis* ha sido posible inducir una mala pigmentación bajo unas condiciones nutricionales con un contenido de ácido araquidónico (ARA) muy superior al que se encuentra en presas naturales (Villalta *et al.*, 2005). Resultados similares se han encontrado al emplear dietas con alto contenido en ARA en larvas de la muy próxima especie *S. solea* (Lund *et al.*, 2007). El papel del ARA en la pigmentación puede ser ejercido a través de los eicosanoides derivados de este (Villalta *et al.*, 2008), de manera que un exceso de estas moléculas muy activas biológicamente podría perturbar las rutas metabólicas implicadas en una correcta pigmentación.

FIGURA 8.
Principales alteraciones detectadas en alevines de lenguado, asociadas al desarrollo larvario. Pigmentación de lado ventral (arriba), falta de pigmentación en la cara dorsal (en medio) y fallo de la migración ocular (abajo).





En términos generales, la consecución de alevines de lenguado en criadero se puede sintetizar como un procedimiento caracterizado por procesos de manejo de individuos resistentes, con una elevada demanda de alimento, que se traduce en altos crecimientos. Bajo condiciones óptimas, la población de alevines de lenguado cultivada puede alcanzar un peso medio de 1,5 g al cabo de 90 días desde la eclosión, con supervivencias que superan el 80%. La velocidad a la que acontecen los procesos fisiológicos en larvas y juveniles de lenguado puede hacer que esta especie sea más sensible en lo que respecta a la modulación de caracteres de cara al futuro desarrollo. Ante ello, es recomendable extremar la vigilancia de factores elementales de cultivo (alimentación, temperatura, iluminación) para reducir la incidencia de la aparición de rasgos no deseados en las poblaciones adultas.

6.4. ENGORDE DE JUVENILES DE LENGUADO

Los primeros resultados de crecimiento para juveniles de *S. senegalensis* fueron descritos en estanques de tierra de 1 000 m² en los que utilizando piensos compuestos los peces alcanzaron un peso medio de 456 g en un año de cultivo (Dinis *et al.*, 1999). Resultados similares de crecimiento fueron posteriormente descritos bajo condiciones intensivas (Olmedo *et al.*, 2003; Rodríguez y Souto, 2003), y sugieren la idoneidad de esta especie para el engorde, con cierta ventaja sobre *S. solea* al presentar un crecimiento superior (Howell, 1997). Las cargas empleadas en los cultivos intensivos en tanques son elevadas, y no se han detectado diferencias significativas de crecimiento para cargas desde 2 kg m⁻² hasta 30 kg m⁻² (Salas-Leiton *et al.*, 2008), o porcentajes de ocupación del fondo del 60% al 180% (Sánchez *et al.*, 2010). La capacidad para tolerar altas cargas de estabulación es uno de los requerimientos establecidos para que el engorde intensivo de *S. senegalensis* pueda ser considerado económicamente viable (García y García, 2006), y contrasta con la correlación inversa entre densidad de cultivo y crecimiento descrita para *S. solea* (Schram *et al.*, 2006). A pesar de presentar un crecimiento independiente de la densidad de estabulación, el lenguado muestra una mayor actividad metabólica bajo altas cargas de cultivo, a la vez que una mayor ingesta de alimen-



to (Salas-Leiton *et al.*, 2008). Profundizando más en la fisiología, se ha observado que el nivel de cortisol aumenta con la densidad de cultivo (Salas-Leiton *et al.*, 2010a). Esta situación coincide igualmente con una notable reducción en la expresión génica de lisozima y hepcidina cuando se emplean densidades de cultivo elevadas y sugiere un posible estado de inmuno supresión para estas condiciones. Por el contrario, la respuesta de defensa medida a nivel celular mediante la expresión de proteínas de choque térmico, no se vio afectada por la densidad de cultivo (Salas-Leiton *et al.*, 2010a).

El crecimiento de poblaciones de lenguado en cautividad se caracteriza también por una elevada dispersión en el tamaño de los ejemplares. Normalmente, esta situación obliga a realizar labores de clasificación de manera rutinaria en la mayoría de la actuaciones piscícolas. Sin embargo, en *S. senegalensis* se ha comprobado como la creación de subpoblaciones con tallas uniformes no se traduce en un aumento de crecimiento y, por lo tanto, de la producción. Más bien ocurre lo contrario, presentando las poblaciones clasificadas una producción ligeramente inferior a las no clasificadas (Salas-Leiton *et al.*, 2010b). A partir de este estudio, resulta interesante destacar también el hecho de haber encontrado como la tasa de crecimiento individual es independiente del tamaño de los ejemplares, ya que al separar tres subpoblaciones de acuerdo a su talla, todas mostraron el mismo crecimiento y distribución de tamaño cuando se les permitió crecer de manera aislada. Se demuestra pues que ejemplares que presentan un reducido crecimiento bajo una estructura de población determinada son capaces de recuperar tasas de crecimiento normales cuando son separados de los ejemplares de mayor tamaño. Las poblaciones de lenguado senegalés en cultivo presentan una importante estructura jerarquizada en la que el tamaño de los individuos no desempeña un papel relevante. El crecimiento de las hembras es superior y estas parece que ejercen un papel más activo en el establecimiento de jerarquías (Sánchez *et al.*, 2010).

A pesar de los avances registrados en numerosos aspectos del cultivo de lenguado, la excesiva incidencia de enfermedades durante el engorde continua limitando la producción industrial del lenguado senegalés (Padrós *et al.*, 2003; Toranzo *et al.*, 2003; Howell *et al.*, 2009).



Una de las principales infecciones esta causada por *Photobacterium damselae* subsp *piscicida* y es la responsable de graves perdidas en el sector, en particular en el área mediterránea y sur atlántica. Las causas para estas diferencias geográficas no están claramente demostradas, pero parece ser que el régimen de temperaturas existente en el norte de la Península Ibérica puede favorecer una menor incidencia de este patógeno. En este sentido, es conveniente recordar que valores de temperatura por encima de 22 °C no son recomendables para el cultivo del lenguado cuando se pretende prevenir *P. damselae*. Además, se ha descrito que el óptimo fisiológico para *S. senegalensis* se sitúa en 20 °C (García-García *et al.*, 2004). Un síntoma evidente de esta enfermedad es la granulación del bazo (Figura 9), pero cuando se percibe, el grado de afectación es bastante elevado y suele conducir a la pérdida de la práctica totalidad de la población. Una de las primeras actuaciones que se llevaron a cabo para la prevención de esta importante patología fue la del desarrollo de vacunas (Arijo *et al.*, 2005), pero por

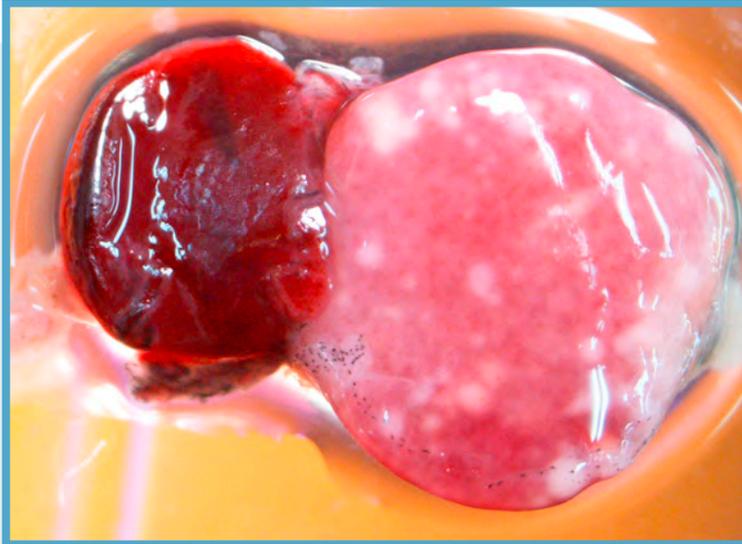


FIGURA 9.

Aspecto exterior de un bazo afectado por infección de *Photobacterium damselae* subsp *piscicida* (derecha) y un bazo sano (izquierda).



el momento esta tecnología no ha contribuido suficientemente a evitar la severidad de la patología.

Más recientemente, se ha descrito la posible función que pueden desempeñar los probióticos para el aumento de la resistencia a esta enfermedad (Díaz-Rosales *et al.*, 2009; García de la Banda *et al.*, 2010). El papel de la alimentación también puede ser importante en la resistencia frente a *P. damselae*, ya que el empleo de una dieta basada en poliquetos aumentó en más de un orden de magnitud la dosis letal media en juveniles de lenguado sometidos a infección controlada (Salas-Leiton *et al.*, 2007). Por otro lado, en la flora intestinal de lenguados alimentados con dieta natural se detectó un mayor número de bacterias con actividad microbiana (Makridis *et al.*, 2005), mientras que al comparar juveniles alimentados con dieta seca comercial frente a poliquetos, se constató una mayor presencia de *Vibrio* en los alimentados con pienso, y una mayor proporción de *Shewanella* (probiótico) en los que recibieron poliquetos como alimento (Martín-Antonio *et al.*, 2007).

A pesar de los conocimientos que se van adquiriendo, no está resultando fácil hacer frente y controlar eficazmente las enfermedades en el lenguado. Una de las observaciones empíricas hasta el momento es la de la conveniencia de emplear sistemas cerrados con recirculación de agua para garantizar una estabilidad del medio, altamente necesaria para el correcto desarrollo del lenguado. En muchas ocasiones, los efectos internos en el lenguado de cambios bruscos en la calidad físico-química del medio, u otro factor de relevancia, se detectan de manera tardía, cuando ya han debilitado demasiado a la población en cultivo. Esta es una consecuencia derivada del hábito tranquilo de vida de esta especie y, probablemente, de una notable resistencia a factores adversos, que puede enmascarar una detección precoz de los problemas de salud. Un caso típico de esto suele ser el elevado grado de deterioro hepático, asociado al cultivo intensivo con el empleo de piensos compuestos, que se presenta durante prolongados intervalos de tiempo sin que los peces experimenten síntomas externos. La mejora de la alimentación en el cultivo intensivo está llamada a desempeñar un papel crucial en la consecución de condiciones fisiológicas más adecuadas en la prevención de patologías. Esta mejora deberá ser llevada a cabo en estrecha combinación con otros parámetros de cul-



tivo que se ha visto afectan también al estado de inmuno competencia del lenguado.

Desde el punto de vista de la alimentación, dentro de los peces planos el lenguado se enmarca en el subgrupo de «comedores de poliquetos y bivalvos». Rasgos muy significativos como la simetría bucal y su reducido comportamiento como depredador lo diferencia claramente de especies como el rodaballo, encuadrada dentro del subgrupo «comedores de peces». Por este motivo, el lenguado no posee ni dientes ni branquispinas. Igualmente, el estómago y esófago son más reducidos, mientras que el intestino es muy largo y carece de ciegos pilóricos, rasgos compatibles con una alimentación basada en presas pequeñas, ingeridas con alta frecuencia. Estas características anatómicas coinciden con estudios sobre el contenido estomacal de *S. senegalensis* en estuarios y zonas costeras en los que se describe la presencia de pequeños crustáceos, poliquetos y bivalvos en estómagos de peces capturados tanto en el Mediterráneo (García-Franquesa *et al.*, 1996) como en el estuario del Tajo (Cabral 2000). Una investigación reciente llevada a cabo en estanques de tierra confirma la preferencia del lenguado por los poliquetos, incluyendo también en su dieta natural una cantidad significativa de larvas de insectos y descartando el consumo de gasterópodos, abundantes en los estanques de cultivo (Branco *et al.*, 2010). Estos resultados sugieren además una muy alta especialización trófica de *S. senegalensis*, que puede llegar incluso a diferenciarse de la de *S. solea* (Sa *et al.*, 2006; Teixeira y Cabral, 2010).

A partir de los conocimientos adquiridos acerca del nicho trófico ocupado por el lenguado, así como de su anatomía y fisiología digestiva, resulta evidente que, en términos de nutrientes, la dieta natural del lenguado se caracteriza por la abundancia de proteína y fibra animal, y un contenido energético procedente de lípidos y carbohidratos inferior al de otros peces con hábitos piscívoros. Es por ello por lo que las dietas compuestas que se empleen para el engorde de lenguado deberían de adaptarse a estas premisas en la mayor medida de lo posible, aunque hay que reconocer que ello llevaría implícito un mayor coste de las mismas. Los trabajos para el desarrollo de dietas en acuicultura se han guiado mayoritariamente por esquemas generales que tienen como finalidad la de introducir en los piensos el máximo de proteína de origen



vegetal, así como la mayor cantidad posible de energía para maximizar la conversión de proteína. La evaluación de las dietas ha sido además fundamentalmente realizada de acuerdo a la respuesta de crecimiento y conversión de alimento por los peces, con pocos estudios prestando atención detallada al efecto de estas dietas sobre el estado fisiológico de los peces. En el caso del lenguado, la influencia de esta tendencia de trabajo ha podido afectar negativamente a su capacidad para responder adecuadamente a condiciones adversas de cultivo, sobre todo después de comprobar como el crecimiento del lenguado ha variado poco en función de la variación de los parámetros antes expuestos. Se ha comprobado también que el lenguado acepta muchos tipos de piensos compuestos comerciales durante el engorde, mostrando buenos crecimientos en sistemas intensivos, en los que es posible incluso la utilización de comederos de autodemanda (Boluda-Navarro *et al.*, 2003).

En cultivo, las dietas para juveniles de lenguado han de presentar al menos un 53% de proteína con un perfil de aminoácidos típico para especie carnívoras (Rema *et al.*, 2007). Los trabajos para la utilización de fuentes de proteína de origen vegetal terrestre tienen un buen ejemplo en los resultados presentados por Silva *et al.*, (2009) en los que se describe la sustitución completa de la harina de pescado por fuentes vegetales sin que ello afecte al crecimiento del lenguado. Sin embargo, estas dietas han de incluir un 5% de harina de calamar así como todos los aminoácidos esenciales de los que son deficitarias las fuentes vegetales para recuperar el nivel de las dietas control. Esta práctica es probable que resulte excesivamente costosa para una dieta comercial. Por otro lado, el nivel de inclusión de proteína vegetal en la dieta se ha encontrado que está directamente correlacionado con una vacuolización hepática severa (Valente *et al.*, 2010). Es probable por lo tanto que la cantidad recomendable de proteína de origen vegetal en dietas para lenguado sea muy reducida cuando se contempla una visión global sobre los efectos y requerimientos de esta práctica.

El contenido en lípidos de las dietas compuestas ha de ser reducido, de acuerdo a lo descrito por Borges *et al.* (2009), quienes encuentran niveles óptimos entre el 4% y el 8% de grasa. A diferencia de otros peces, no se ha podido encontrar ningún tipo de efecto ahorrador de la proteína al incrementar la cantidad de grasa en la dieta y se consta-



ta el reducido metabolismo lipídico en el lenguado, con una prácticamente inexistente capacidad para depositar grasa en el músculo (Valente *et al.*, 2010). Altos contenidos en lípidos (21 %) se relacionan también con una mayor actividad de enzimas antioxidantes (Rueda-Jasso *et al.*, 2004), recomendando estos autores de manera general el empleo de bajos contenidos en carbohidratos y grasas para reducir el estrés oxidativo de juveniles de lenguado. Se ha descubierto también el impacto negativo que valores elevados de lípidos en la dieta tienen sobre la expresión de genes relacionados con el crecimiento del lenguado (Campos *et al.*, 2010). Por otro lado, experimentos de selección de nutrientes mediante alimentación por autodemanda indicaron la preferencia del *S. senegalensis* por la dieta que contenía la menor proporción de lípidos (Rubio *et al.*, 2009). Los resultados descritos hasta ahora coinciden en la necesidad de utilizar dietas con bajo contenido en lípidos, algo que es coherente con la ecología trófica del lenguado. Sin embargo, se necesita todavía información más detallada que profundice en los posibles efectos que grasas de diferente calidad (perfil de clases lipídicas y contenido en ácidos grasos) puedan tener sobre su idoneidad para la nutrición del lenguado.

6.5. PERSPECTIVAS DE FUTURO EN EL CULTIVO DE SOLEA SENEGALENSIS

Hablar de perspectivas de futuro acerca de la acuicultura de una especie como el lenguado senegalés, en la que se lleva trabajando desde hace mucho tiempo, puede resultar chocante a estas alturas, sobre todo si se mira al reducido tonelaje y a la estadística casi plana de la evolución de producción hasta el presente. Sin embargo, sería conveniente recordar que los avances científicos y tecnológicos más importantes en relación a la acuicultura del lenguado se han concentrado fundamentalmente en los últimos diez años. En este plazo de tiempo, los factores en mayor medida condicionantes para la producción se han desplazado desde los relacionados con la obtención de puestas, hacia los que involucran aspectos patológicos en el engorde. Ha existido por lo tanto una evolución, a diferencia de otras especies también de elevada demanda comercial, cuyo desarrollo acuícola con-



tinúa estancado en el mismo punto desde hace incluso más tiempo. Posiblemente, una de las claves para avanzar en la acuicultura del lenguado será la de reconocer las peculiaridades biológicas de este pez plano, que lo diferencian claramente de otras especies utilizadas en la acuicultura. Conseguir reducir la influencia que el conocimiento zootécnico actual de la piscicultura marina ejerce sobre el lenguado es, sobre todo, costoso, pero se considera que ha de ser la vía para demostrar en el menor plazo de tiempo posible si la acuicultura del lenguado es viable.

Evidentemente, la prioridad de una investigación multidisciplinar deberá apuntar a un objetivo común como es el de conseguir individuos con mayor resistencia y capacidad para hacer frente a los patógenos que merman la producción en la actualidad. No hay que olvidar tampoco la importancia del acervo genético disponible en las costas ibéricas, a partir de los cuales se deberían de iniciar programas de selección genética destinados a la obtención de ejemplares mejor adaptados a las necesidades de la cría intensiva.

6.6. AGRADECIMIENTOS

Buena parte de los resultados seleccionados en esta revisión forma parte de la importante cantidad de información generada gracias a la financiación de tres Planes Nacionales de Cultivos Marinos por parte de la JACUMAR (Secretaría General del Mar), desde el año 2002. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto titulado «Bases para el control de la reproducción y conocimiento del sistema de defensas naturales en el lenguado (*Solea senegalensis*)», que representa al tercero de los Planes Nacionales para el cultivo del lenguado. Se agradece también la cesión de parte del material fotográfico por parte de la Dra. Ana Rodríguez de la Rua.

6.7. REFERENCIAS

- AGULLEIRO M.J., ANGUIS V., CAÑAVATE J.P., MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ G., MYLONAS C.C. y CERDÀ J. 2006. Induction of spawning of captive-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*) using different administration methods for gonadotropin-releasing hormone agonist. *Aquaculture*, 257:511-24.



- AGULLEIRO M.A., SCOTT A.P., DUNCAN N., MYLONAS C.C. y CERDA J. 2007. Treatment of GnRH α -implanted Senegalese sole (*Solea senegalensis*) with 11-ketoandrostenedione stimulates spermatogenesis and increases sperm motility. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 147: 885-892.
- ANGUIS M.V. y CAÑAVATE J.P. 2005. Spawning of captive Senegal sole (*Solea senegalensis*) under a naturally fluctuating temperature regime. *Aquaculture*, 243: 133-145.
- ANGUIS V., MOURE M. y CAÑAVATE J.P. 2007a. Estudio comparativo de aspectos reproductivos en lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) en función de su origen salvaje o de primera generación (F1). En: *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Xunta de Galicia, pp: 1443-1446.
- ANGUIS V., CHEREGUINI O., RODRIGUEZ C. y MOURE M. 2007b. Seasonal changes in sperm quality and production of Senegal sole *Solea senegalensis* (Kaup 1958) in facilities from northern (Santander) and southern (Cádiz) of Spain. *Aquaculture Europe 2007 Book of Abstracts*, pp: 41-42.
- ARAGAO C. 1999. The effect of feeding rotifers at first feeding of *Solea senegalensis*. *Working report, CCMAR, Universidade do Algarve*, 4 pp.
- ARIAS A.M. y DRAKE P. 1990. Estados juveniles de la ictiofauna en los caños de las salinas de la Bahía de Cádiz. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Cádiz, Spain.
- ARIJO S., RICO R., CHABRILLON M., DÍAZ-ROSALES P., MARTÍNEZ-MANZANARES E., BALEBONA M.C., MAGARIÑOS B., TORANZO A.E. y MORIÑIGO M.A. 2005. Effectiveness of a divalent vaccine for sole, *Solea senegalensis* (Kaup), against *Vibrio harveyi* and *Photobacterium damsela subsp piscicida*. *J. Fish Dis.*, 28: 33-38.
- BAYARRI M.J., MUÑOZ-CUETO J.A., LOPEZ-OLMEDA J.F., VERA L.M., ROL DE LAMA M.A., MADRID J.A. y SANCHEZ-VAZQUEZ F.J. 2004. Daily locomotor activity and melatonin rhythms in Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Physiological Behaviour*, 81(4): 577-583.
- BAYNES S.M., HOWELL B.R., BEARD T.W. y HALLAM J.D. 1994. A description of spawning behaviour of captive dover sole, *Solea solea* (L.). *Neth. J. Sea Res.*, 32: 271-275.
- BEIRAO J., SOARES F., HERRÁEZ M.P., DINIS M.T. y CABRITA E. 2009. Sperm quality evaluation in *Solea senegalensis* during the reproductive season at cellular level. *Theriogenology*, 72: 1251-1261.
- BLANCO-VIVES B., VILLAMIZAR N., RAMOS J., BAYARRI M.J., CHEREGUINI O. y SANCHEZ-VAZQUEZ F.J. 2010. Effect of daily thermo- and photo-cycles of different light spectrum on the development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 306:137-145.
- BOLUDA-NAVARRO D., RUBIO V.C., SANCHEZ-VAZQUEZ F.J. y MADRID J.A. 2003. Capacidad del lenguado (*Solea senegalensis*) para utilizar alimentadores de autodemanda. En: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Junta de Andalucía. Mayo 2003, Cádiz, España, pp: 374-376.



- BORGES P., OLIVEIRA B., CASAL S., DIAS J., CONCEIÇÃO L. y VALENTE L.M.P. 2009. Dietary lipid level affects growth performance and nutrient utilisation of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *British Journal of Nutrition*, 102 (7): 1007-1014.
- BRANCO M.A.C., ARRUDA M.A. y GAMITO S. 2010. Feeding habits of *Solea senegalensis* in earthen ponds in Sado estuary. *J. Sea Res.*, 64: 446-450.
- CABRAL H.N. 2000. Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *Solea senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. *J. Fish Biol.*, 57: 1550-1562.
- CABRITA E., SOARES F. y DINIS M.T. 2006. Characterization of Senegalese sole, *Solea senegalensis*, male broodstock in terms of sperm production and quality. *Aquaculture*, 261: 967-975.
- CALVO A., GIL J., MOURE M., ALVAREZ C.M., CAÑAVATE J.P. y ANGUIV V. 2005. Primeros resultados de puestas naturales obtenidas en reproductores de primera generación (F1) de lenguado senegalés (*Solea senegalensis*). En: *Actas X Congreso Nacional de Acuicultura*. Universidad Politécnica de Valencia, pp: 506-507.
- CAMPOS C., VALENTE L.M.P., BORGES P., BIZUAYEHU T. y FERNANDES J.M.O. 2010. Dietary lipid levels have a remarkable impact on the expression of growth-related genes in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup). *J. Exp. Biol.*, 213: 200-209.
- CAÑAVATE J.P. y FERNANDEZ-DIAZ C. 1999. Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the sole *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds. *Aquaculture*, 174: 255-263.
- CAÑAVATE J.P., ANGUIV V., CALVO A. y MANCHADO M. 2005. Recent developments in the reproduction of the Senegal sole (*Solea senegalensis*) in captivity. *European Aquaculture Society Especial Publication*, 35: 154-155.
- CAÑAVATE J.P., R. ZEROLO y C. FERNÁNDEZ-DÍAZ. 2007a. Feeding and development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in different photoperiods. *Aquaculture*, 258: 368-377.
- CAÑAVATE J.P., PRIETO A., ZEROLO R., SOLE M., SARASQUETE M.C. y FERNÁNDEZ-DÍAZ C. 2007b. Effects of light intensity and addition of carotene rich *Dunaliella salina* live cells on growth and antioxidante activity of *Solea senegalensis* Kaup (1858) larval and metamorphic stages. *J. Fish Biol.*, 71: 781-794.
- CHEREGUINI O., RASINES I., ANGUIV V., CAL R., MARTÍN I., RODRÍGUEZ C., GUZMÁN J.M., MYLONAS C.C. y MAÑANÓS E. 2007. Primeras fecundaciones artificiales en lenguado senegalés cultivado (Generación F1). En: *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Xunta de Galicia, pp: 1435-1438.
- DAY O.J., HOWELL B.R., AKSNES A. y NYGARD E. 1999. Recent advances in the weaning of sole, *Solea solea* (L.). En : *Abstracts of contributions presented at the International Conference Aquaculture Europe 1999. EAS Special Publication*, 27: 40-41.
- DÍAZ-ROSALES P., ARIJO S., CHABRILLÓN M., ALARCÓN F.J., TAPIA-PANIAGUA S.T., MARTÍNEZ-MANZANARES E., BALEBONA M.C. y MORIÑIGO M.A. 2009. Effects of two closely



- related probiotics on respiratory burst activity of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup) phagocytes, and protection against *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquaculture*, 293: 16-21.
- DINIS M.T. 1986. Quatre Soleidae de l'Estuaire du Tage. Reproduction et Croissance. Essai d'Élevage de *Solea senegalensis* Kaup 1858. Thèse d'État ès-Sciences Naturelles, Université de Bretagne Occidentale, France.
- DINIS M.T., RIBEIRO L., SOARES F. y SARASQUETE C. 1999. A review on the cultivation potential of *Solea senegalensis* in Spain and in Portugal. *Aquaculture*, 176: 27-38.
- DIVANACH P. 2003. New Species in Mediterranean, Dream or Reality. *PROFET Workshop. RTD needs in Mediterranean fish farming*, Athens 30-31 May 2003.
- DUNCAN N., CARAZO I., NORAMBUENA F., ESTEVEZ A., CHEREGUINI O. y MAÑANOS E. 2008. Reproductive behaviour of Senegal sole (*Solea senegalensis*). *International Sole Workshop*, Faro, Portugal, 11-13 November 2008.
- ENGROLA S., IGLESIAS-ROMERO M., DIAS L., RIBEIRO L., CONCEIÇÃO L., DINIS M.T. y POUÇÃO-FERREIRA P. 2004. Recent studies on the weaning of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). En: *Book of abstracts of the 11th International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish*. May 2-7, Phuket, Thailand.
- ENGROLA L., FIGUEIRA S., CONCEIÇÃO L.E.C., GAVAIÁ P.J., RIBEIRO L. y DINIS M.T. 2009. Co-feeding in Senegalese sole larvae with inert diet from mouth opening promotes growth at weaning. *Aquaculture*, 288: 264-272.
- FERNÁNDEZ I., PIMENTEL M.S., ORTIZ-DELGADO J.B., HONTORIA F., SARASQUETE C., ESTÉVEZ A., ZAMBONINO-INFANTE J.L. y GISBERT E. 2009. Effect of dietary vitamin A on Senegalese sole (*Solea senegalensis*) skeletogenesis and larval quality. *Aquaculture*, 295: 250-265.
- FERNÁNDEZ-DÍAZ C., YUFERA M., CAÑAVATE J.P., MOYANO F.J., ALARCÓN F.J. y DÍAZ M. 2001. Growth and physiological changes during metamorphosis of Senegal sole reared in the laboratory. *J. Fish Biol.*, 58:1086-1097.
- GARCÍA DE LA BANDA I., LOBO C., J.M. LEÓN-RUBIO J.M., TAPIA-PANIAGUA S., BALEBONA M.C., MORIÑIGO M.A., MORENO-VENTAS X., LUCAS L.M., LINARES F., ARCE F. y ARIJO S. 2010. Influence of two closely related probiotics on juvenile Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) performance and protection against *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. *Aquaculture*, 306: 281-288.
- GARCÍA GARCÍA J y GARCÍA GARCÍA B. 2006. An econometric viability model for on-growing sole (*Solea senegalensis*) in tanks using pumped well sea water. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(4): 304-315.
- GARCÍA-FRANQUESA E., MOLINERO A., VALERO J. y FLOS R. 1996. Influence of sex, age and season on the feeding habits of the flatfish, *Solea senegalensis*. *Environ. Biol. Fish.*, 47: 289-298.
- GARCÍA-GARCÍA B., GÓMEZ E. y HERNÁNDEZ M.D. 2004. Effect of temperature on metabolic rate in *Solea senegalensis*: estimate of optimum physiological



- temperature. *Aquaculture Europe 2004. Biotechnologies for quality. Book of Abstracts.*
- GARCÍA-LÓPEZ A., PASCUAL E., SARASQUETE C. y MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ G. 2006a. Disruption of gonadal maturation in cultured Senegalese sole *Solea senegalensis* Kaup by continuous light and/or constant temperature regimes. *Aquaculture*, 261: 789-798.
- GARCÍA-LÓPEZ A., FERNÁNDEZ-PASQUIER V., COUTO E. CANARIO A.V.M., SARASQUETE C. y MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ G. 2006b. Testicular development and plasma sex steroid levels in cultured male Senegalese sole *Solea senegalensis* Kaup. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 147: 343-351.
- GARCÍA-LÓPEZ A., SARASQUETE C. y MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ G. 2008. Temperature manipulation stimulates gonadal maturation and sex steroid production in Senegalese sole *Solea senegalensis* Kaup kept under two different light regimes. *Aquacult. Res.*, 40(1): 103-111.
- GAVAIA P.J., SARASQUETE M.C. y CANCELA M.L. 2000. Detection of mineralized structures in early stages of development of marine Teleostei using a modified Alcian blue-Alizarin red double staining technique for bone and cartilage. *Biotechnic and Histochemistry*, 75: 79-84.
- GAVAIA P.J., DINIS M.T. y CANCELA M.L. 2002. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture*, 211: 305-323.
- GAVAIA P.J., DOMINGUES S., ENGROLA S., DRAKE P., SARASQUETE C., DINIS M.T. y CANCELA M.L. 2009. Comparing skeletal development of wild and hatchery-reared Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858): evaluation in larval and postlarval stages. *Aquacult. Res.*, 40: 1585-1593.
- GUZMÁN J.M., NORBERG B., RAMOS J., MYLONAS C.C. y MAÑANÓS E. 2008. Vitellogenin, steroid plasma levels and spawning performance of cultured female Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 156: 285-97.
- GUZMÁN J.M., RAMOS J., MYLONAS C.C. y MAÑANÓS E. L. 2009. Spawning performance and plasma levels of GnRH α and sex steroids in cultured female Senegalese sole (*Solea senegalensis*) treated with different GnRH α -delivery Systems. *Aquaculture* 291: 200-209.
- HOWELL B.R. 1997. A re-appraisal of the potential of the sole, *Solea solea* (L.), for commercial cultivation. *Aquaculture*, 155: 359-369.
- HOWELL B., CONCEIÇÃO L., PRICKETT R., CAÑAVATE P. y MAÑANÓS E. 2009. Sole farming: nearly there but not quite?!. A report of the 4th Workshop on the Cultivation of Soles. *Aquaculture Europe*, 34: 24-27.
- LIU X. y LEI J. 2008. Ovulation induced by luteinizing hormone-releasing hormone analogue (LH-RH α) and egg artificial fertilization in hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). *International Sole Workshop*, Faro, Portugal, 11-13 November 2008.



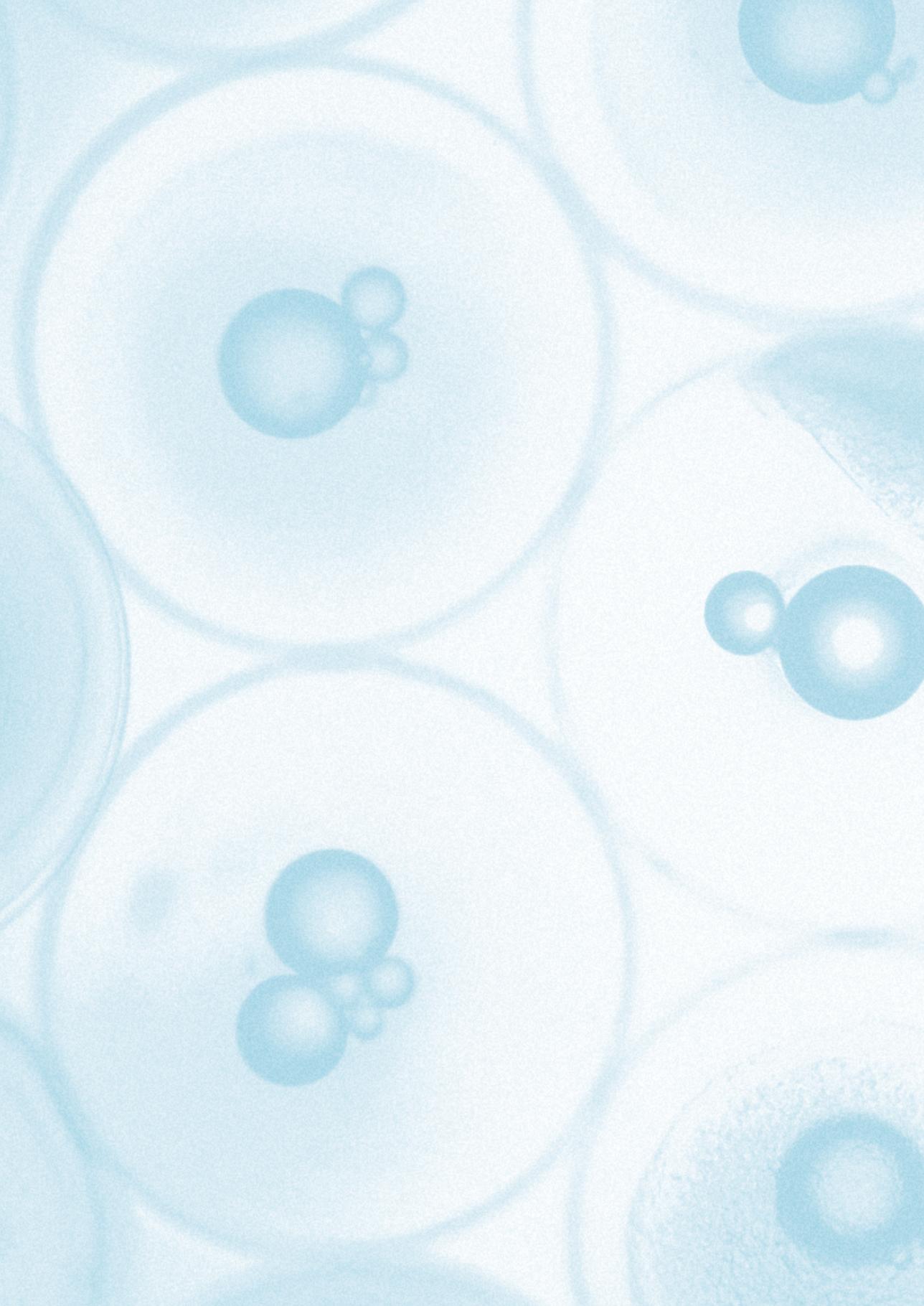
- LUND I., STEENFELDT S.J. y HANSEN B.W. 2007. Effect of dietary arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on survival, growth and pigmentation in larvae of common sole (*Solea solea* L.). *Aquaculture*, 273: 532-544
- MAKRIDIS P., MARTINS S., TSALAVOUTA M., DIONISIO L. C., KOTOULAS G., MAGOULAS A. y DINIS M. T. 2005. Antimicrobial activity in bacteria isolated from Senegalese sole, *Solea senegalensis*, fed with natural prey. *Aquacult. Res.*, 36: 1619-1627.
- MANCHADO M., INFANTE C., ASENSIO E., PLANAS J.V. y CAÑAVATE J.P. 2008. Thyroid hormones down-regulate thyrotropin b subunit and thyroglobulin during metamorphosis in the flatfish Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 155: 447-455.
- MARTIN-ANTONIO B., MANCHADO M., INFANTE C., ZEROLO R., LABELLA A., ALONSO C. y BORREGO J.J. 2007. Intestinal microbiota variation in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) under different feeding regimes. *Aquacult. Res.*, 38, 1213-1222.
- OLIVEIRA C., VERA L.M., LÓPEZ-OLMEDA J.F., GUZMÁN J.M., MAÑANÓS E., RAMOS J. y SÁNCHEZ-VÁZQUEZ F.J. 2009. Monthly day/night changes and seasonal daily rhythms of sexual steroids in Senegal sole (*Solea senegalensis*) under natural fluctuating or controlled environmental conditions. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 152: 168-175.
- OLIVEIRA C., DUNCAN N.J., POUSSÃO-FERREIRA P., MAÑANÓS E. y SÁNCHEZ-VÁZQUEZ F.J. 2010. Influence of the lunar cycle on plasma melatonin, vitellogenin and sex steroids rhythms in Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Aquaculture*, 306: 343-347.
- OLMEDO M., PELETEIRO J.B., CAL R. y LINARES F. 2003. Crecimiento de juveniles de lenguado (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) en Galicia. En: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Junta de Andalucía. Mayo 2003, Cádiz, pp: 383-385.
- OSSE J.W.M. y VAN DEN BOOGAART J.G.M. 1997. Size of flatfish larvae at transformation, functional demands and historical constraints. *J. Sea Res.*, 37: 229-239.
- PADRÓS F., ZARZA C., ESTÉVEZ A., CRESPO S. y FURONES M.D. 2003. Patología como factor limitante para el desarrollo del cultivo del lenguado. En: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Junta de Andalucía. May 2003, Cádiz, pp: 343-345.
- PARDO B.G., MACHORDOM A., FORESTI F., PORTO-FORESTI F., AZEVEDO M.F.C., BAÑÓN R., SANCHEZ L. y MARTÍNEZ P. 2005. Phylogenetic análisis of flatfish (order Pleuronectiformes) base don mitochondrial 16 rDNA sequences. *Sci. Mar.*, 69(4): 531-543.
- QUÉRO J.C., DESOUTTER M. y LAGARDEÉRE F. 1986. Cynoglossidae. En: Whithead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. And Tortonese E. (Eds) *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, Volume III. Paris: UNESCO, pp. 1325-1328.
- RAMOS J. 1982. Estudio de la edad y crecimiento del lenguado *Solea solea* (L. 1758) (Pisces Soleidae). *Investigación Pesquera*, 46: 275-286.



- REMA P., CONCEIÇÃO L.E.C., EVERS F., CASTRO-CUNHA M., DINIS M.T. y DIAS J. 2007. Optimal dietary protein levels in juvenile Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquacult. Nutr.*, 14(3): 263-269.
- RIBEIRO L., ZAMBONINO-INFANTE J.L., CAHU C. y DINIS M.T. 2002. Digestive enzymes profile of *Solea senegalensis* post larvae fed Artemia and a compound diet. *Fish Physiol. Biochem.*, 27: 61-69.
- RODRÍGUEZ R. B., 1984. *Biología y cultivo de Solea senegalensis Kaup 1858 en Golfo de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Spain. 207 pp.
- RODRÍGUEZ J.L. y SOUTO B.F. 2003. Engorde del lenguado senegales (*Solea senegalensis* KAUP, 1858) en Galicia con temperatura controlada. En: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Junta de Andalucía. Mayo 2003, Cádiz, pp: 407-409.
- RUBIO V.C., BOLUDA NAVARRO D., MADRID J.A. y SÁNCHEZ-VÁZQUEZ F.J. 2009. Macronutrient self-selection in *Solea senegalensis* fed macronutrient diets and challenged with dietary protein dilutions. *Aquaculture*, 291: 95-100.
- RUEDA-JASSO R., CONCEIÇÃO L.E.C., DIAS J., DE COEN W., GOMES E., REES J.F., SOARES F., DINIS M.T. y SORGELOS P. 2004. Effect of dietary non-protein energy levels on condition and oxidative status of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*, 231: 417-433.
- SÁ R., BEXIGA C., VIEIRA L., VEIGA P. y ERZINI K. 2003. Diets of the sole *Solea vulgaris* Quensel, 1806 and *Solea senegalensis* Kaup, 1858 in the lower estuary of the Guadiana River (Algarve, southern Portugal): Preliminary results. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 19: 305-308.
- SALAS-LEITON E., MARTÍN-ANTONIO B., MANCHADO M. y CAÑAVATE J.P. 2007. Efecto de la alimentación en la resistencia a patógeno y factor de condición en individuos de *Solea senegalensis* sometidos a ayuno prolongado. Estudio preliminar. En: *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Xunta de Galicia, pp: 1451-1454.
- SALAS-LEITON E., ANGUÍS V., MANCHADO M. y CAÑAVATE J.P. 2008. Growth, feeding and oxygen consumption of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles stocked at different densities. *Aquaculture*, 285: 84-89.
- SALAS-LEITON, E., ANGUÍS V., MARTÍN-ANTONIO B., CRESPO D., PLANAS J.V., INFANTE C., CAÑAVATE J. P. y MANCHADO M. 2010a. Effects of stocking density and feed ration on growth and gene expression in the Senegalese sole (*Solea senegalensis*): Potential effects on the immune response. *Fish Shellfish Immunol.*, 28: 296-302.
- SALAS-LEITON, E., ANGUÍS V. RODRÍGUEZ-RÚA A. y CAÑAVATE J.P. 2010b. Stocking homogeneous size groups does not improve growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup1858) juveniles: Individual growth related to fish size. *Aquac. Eng.*, en prensa.
- SÁNCHEZ P., AMBROSIO P.P. y FLOS R. 2010. Stocking density and sex influence individual growth of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture*, 300: 93-101.



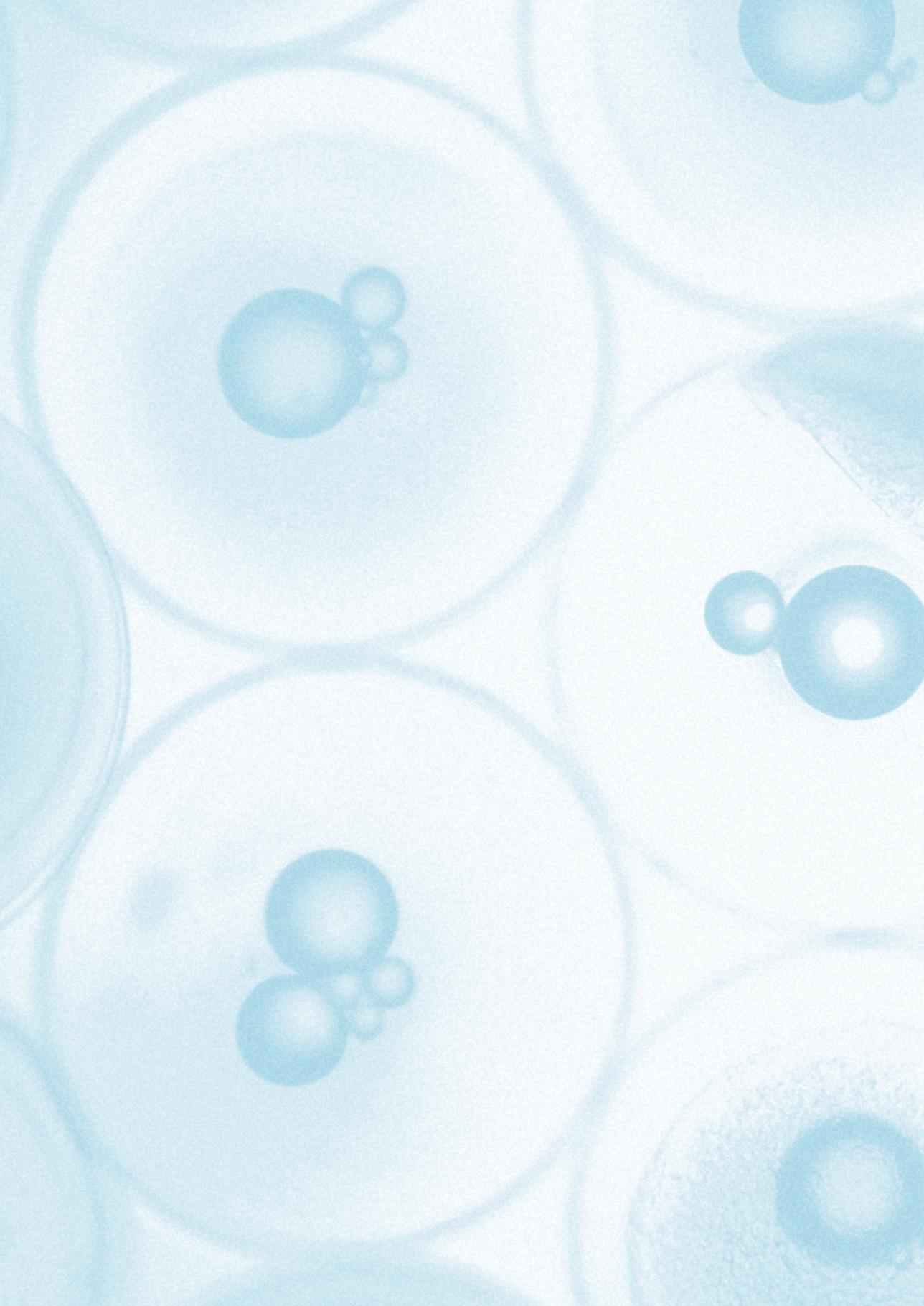
- SCHRAM E., VAN DER HEUL J.W., KAMSTRA A. y VERDEGEM M.C.J. 2006. Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*). *Aquaculture*, 252: 339-347.
- SILVA J.M.G., ESPE M., CONCEIÇÃO L.E.C., DIAS J. y VALENTE L.M.P. 2009. Senegalese sole juveniles (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) grow equally well on diets devoid of fish meal provided the dietary amino acids are balanced. *Aquaculture*, 296: 309-317.
- TEIXEIRA C.M. y CABRAL H.N. 2010. Comparative analysis of the diet, growth and reproduction of the soles, *Solea solea* and *Solea senegalensis*, occurring in sympatry along the Portuguese coast. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 90(5): 995-1003.
- TORANZO A.E., ABENDAÑO R., LOPEZ-VAZQUEZ C., MAGARIÑOS B., DOPAZO C.P., ROMALDE J.L. y BARJA J.L. 2003. Principales patologías bacterianas y víricas en lenguado cultivado: caracterización y agentes etiológicos. En: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Junta de Andalucía. Mayo 2003, Cádiz, pp: 355-356.
- VALENTE, L.M.P., LINARES F., VILLANUEVA J.L.R., ESCÓRCIO C., BORGES P., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B., SILVA J.M.G., ESPE M., MEDALE F., CAL R.M. y PELETEIRO J.B. 2010. Dietary protein source or energy levels have no major impact on growth performance or nutrient utilization of ongrowing senegalese sole. *Aquaculture Europe 2010 Book of Abstracts*. Oporto, 5-8 octubre 2010, pp 1333-1334.
- VILLALTA M. y ESTÉVEZ A. 2005. Culture of Senegal sole larvae without the need for rotifers. *Aquacult. Int.*, 13: 469-478.
- VILLALTA M., ESTÉVEZ A. y BRANSDEN M. 2005. Arachidonic acid enriched live prey induces albinism in Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 245: 193-209.
- VILLALTA M., ESTÉVEZ A., BRANSDEN M.P. y BELL J.G. 2008. Arachidonic acid, arachidonic/eicosapentaenoic acid ratio, stearidonic acid and eicosanoids are involved in dietary-induced albinism in Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquacult. Nutr.*, 14: 120-128.



7

CULTIVO DE ESCÓMBRIDOS: EL ATÚN ROJO Y EL BONITO ATLÁNTICO





CULTIVO DE ESCÓMBRIDOS: EL ATÚN ROJO Y EL BONITO ATLÁNTICO

**Fernando de la Gándara García
y Aurelio Ortega García**

Centro Oceanográfico de Murcia.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

El atún rojo *Thunnus thynnus* (L., 1758) y el bonito atlántico, *Sarda sarda* (Bloch, 1793) son dos teleósteos pertenecientes a la familia *Scombridae*. Se trata de dos especies con pesquerías importantes que se capturan desde la antigüedad. Mientras que el bonito se encuentra en fase de investigación y no existen empresas que lo cultiven en la actualidad, el caso del atún rojo es diferente. A partir de los años 90 se inicia en el Mediterráneo el llamado engrase, que consiste en capturar ejemplares vivos mediante arte de cerco en las zonas de puesta, trasladarlos a granjas cercanas a la costa, alimentarlos durante varios meses con pequeños peces pelágicos ricos en materia grasa, y una vez sacrificados de forma rápida para evitar la formación de lactato, enviarlos al mercado, especialmente al japonés. Pero la sobreexplotación de las poblaciones naturales ocasionó que el Consejo Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) estableciera en 1999 un sistema de cuotas para limitar las capturas. La reducción paulatina de estas cuotas, el aumento de la talla mínima de captura y el sistema de vedas establecido, ha traído consigo una importante disminución de la actividad del engrase, de tal modo que, a pesar de que en la actualidad se observen claros signos de recuperación de esta especie, todos los expertos coinciden



en que el futuro de la acuicultura del atún rojo pasa por cerrar el ciclo en cautividad y producir los alevines en criadero. A nivel experimental ya se ha conseguido cerrar el ciclo del bonito atlántico en cautividad, y en el atún rojo se han realizado interesantes avances que hacen suponer que el cierre de su ciclo está cercano.

Palabras clave: Atún rojo, bonito atlántico, *Thunnus thynnus*, *Sarda sarda*, acuicultura.

Abstract

Atlantic bluefin tuna Thunnus thynnus (L., 1758) and Atlantic bonito, Sarda sarda (Bloch, 1793) are two teleosts that belong to the Scombridae family. These are two species with very important fisheries and in the case of bluefin tuna, one that has been caught since the olden days. Whilst bonito is currently undergoing a research phase and no companies exist that cultivate it at this time, the case of bluefin tuna is different. The so-called process of "fattening" started in the 90s in the Mediterranean Sea, which consists of capturing live tunas with purse seiners in spawning areas, transferring them to farms near to the coast, feeding them for a few months with small pelagic fish high in fat and once sacrificed in a quick manner to avoid the formation of lactate, sending them to market, particularly in Japan. But the over-exploitation of the natural population caused the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) to establish a quota system to limit captures in 1999. The gradual reduction of these quotas, the increase in the minimum capture size and the closure system established has led to a significant decrease in the fattening sector, in such a way that, despite the fact that clear signs of the recuperation of this species can now be seen, all experts agree that the future of the aquaculture of bluefin tuna depends on the closing of the life-cycle in captivity and being able to produce fry in nurseries.

On an experimental level the closing of the Atlantic bonito lifecycle in captivity has already been achieved, and interesting advances have been made with bluefin tuna which leads one to believe that the closing of the lifecycle is at hand.

Keywords: *Bluefin tuna, Atlantic bonito, Thunnus thynnus, Sarda sarda, aquaculture.*



7.1. INTRODUCCIÓN

Los escómbridos son una familia de peces con gran interés comercial y objeto de importantes pesquerías a lo largo de todo el mundo. Incluye 15 géneros y unas 50 especies. Entre ellas podemos destacar a las caballas, los bonitos y los atunes.

Poseen el cuerpo alargado y fusiforme, con el hocico puntiagudo, la boca bastante grande y presentan dientes en las mandíbulas. Los ojos pueden presentar una papila adiposa. Tienen dos aletas dorsales separadas entre sí. La primera dorsal tiene de 9 a 27 radios, suele ser corta y comenzar bastante atrás de la cabeza y se puede replegar totalmente en un surco. Poseen dos filas de 5 a 12 pínulas o falsas aletas que se extienden por detrás de la segunda dorsal y de la aleta anal. Las aletas pectorales son altas y las pélvicas se sitúan casi debajo de las pectorales y son pequeñas, La aleta caudal es robusta y ahorquillada y sus radios cubren totalmente la placa hipural. Presentan dos quillas pequeñas a ambos lados del pedúnculo caudal (algunas especies presentan una tercera quilla intermedia mas grande).

Línea lateral simple. De 31 a 66 vértebras. Cuerpo cubierto de pequeñas escamas, algunas especies presentan un coselete (zona posterior a la cabeza y alrededor de las pectorales cubierta de grandes y gruesas escamas) y entonces el resto del cuerpo puede no poseer escamas.

La coloración dorsal es verdosa o azulada y la ventral es plateada, pudiendo presentar en los flancos manchas negras que pueden formar bandas.

Peces epipelágicos, marinos o de aguas salobres, algunas especies son costeras pero otras viven lejos de la costa. Se distribuyen por los mares tropicales y subtropicales de todo el mundo. Presentan un comportamiento muy activo, algunos de ellos son muy veloces y realizan grandes migraciones, pudiendo formar grandes cardúmenes.

A pesar de que unas pocas especies (principalmente el género *Scomber*) son planctófagos, la mayoría de las especies son predadores, alimentándose de peces, crustáceos y cefalópodos.

Presentan sexos separados con escaso o nulo dimorfismo sexual. Las hembras de muchas especies son de mayor tamaño que los



machos. La puesta de la mayoría de las especies se realiza en aguas tropicales o subtropicales, frecuentemente en aguas costeras. Sus larvas son pelágicas y se caracterizan por poseer una cabeza grande y unas mandíbulas muy desarrolladas y provistas de dientes. La mayoría de ellas presentan espinas en la zona del preopérculo que desaparecen con el desarrollo.

Casi todas las especies son apreciadas comercialmente. Su carne es sabrosa y puede consumirse fresca, en salazón o en conserva. Se pescan con muy diversos artes: almadrabas, curricán, palangre, cerco, arrastre, artes de enmalle, etc.

Algunas de las especies más evolucionadas tienen un sistema vascular especializado para el intercambio térmico.

La familia incluye dos subfamilias, estando casi todos los géneros incluidos en la subfamilia Scombrinae. Dentro de ella hay cuatro tribus: dos más primitivas, Scombrini, Scomberomorini, y dos más evolucionadas, Sardini y Tunini, que incluyen respectivamente a los bonitos y los atunes.

La tribu Sardini incluye 4 géneros, el más importante de los cuales es el género *Sarda* que incluye a su vez 4 especies: *Sarda sarda*, *Sarda orientalis*, *Sarda chiliensis* y *Sarda australis*.

La tribu Tunini incluye 5 géneros: *Allothunnus*, *Auxis* (melva), *Euthynnus* (Bacoreta), *Katsuwonus* (listado) y *Thunnus* (atunes). Entre estos podemos citar al rabil (*Thunnus albacares*), el patudo (*Thunnus obesus*), el bonito del Norte (*Thunnus alalunga*) y las tres especies de atún rojo (*Thunnus thynnus*, *Thunnus orientalis* y *Thunnus maccoyii*).

7.2. ATÚN ROJO (*Thunnus thynnus*)

El atún rojo *Thunnus thynnus* (L., 1758) es un teleósteo perteneciente a la familia Scombridae (Collette *et al.*, 2002). Tiene un cuerpo fusiforme y robusto, perfectamente adaptado para la natación (Figura 1). Posee vejiga natatoria en el estado adulto (Smith-Vaniz, 1986; Collette, 1986). Es una especie de gran tamaño, que puede alcanzar 3 metros de longitud y 600 kg de peso (Cort, 2007). Hay incluso registros no comprobados que afirman la existencia de ejemplares de una tonelada. Se han citado atunes de más de 15 (Cort, 2007) y de 20 años de edad (Abascal, 2004). Se trata de un gran



FIGURA 1.

Ejemplar de atún rojo (REPRODOTT).

nador, capaz de cruzar el océano Atlántico en menos de 60 días (Lutcavage *et al.*, 2000). Está considerado como especie altamente migratoria según el Anexo I de la convención de 1982 sobre la Ley del Mar (FAO, 1994). Es capaz de realizar a lo largo de su vida varios viajes entre las costas orientales del Atlántico Norte y Mediterráneo y las occidentales.

Una de las principales características de esta especie, que comparte con algunos de sus congéneres y con ciertos escualos (Dickson y Graham, 2004), es su capacidad para elevar y mantener su temperatura corporal por encima de la temperatura ambiente, en ocasiones más de 20 °C. Este hecho le permite mantener un metabolismo elevado y constante, parecido al de los homeotermos, así como habitar zonas del océano con un muy amplio rango de temperaturas (Graham y Dickson, 2004; Dickson y Graham, 2004).

Es un pez pelágico, marino oceánico que se distribuye en un rango de profundidades desde 0 hasta 1 000 m (Abascal, 2004). Aunque se trata de una especie de aguas abiertas, estacionalmente puede acercarse a la costa, tolerando una amplia gama de temperaturas (Collette y Nauen, 1983). Los esquemas migratorios estacionales dependen de la edad y el tamaño de los peces, estando relacionados fundamentalmente con la búsqueda del alimento y la reproducción. El caso de migraciones de peces adultos en dirección a las zonas de puesta en el Mediterráneo y su posterior regreso al océano para alimentarse inten-



samente se conoce desde hace miles de años (Cort, 2007). Cuando son jóvenes muestran un fuerte comportamiento gregario. Los cardúmenes de juveniles se orientan mediante el sentido de la vista, aunque también se observan de noche. Por tanto, otros sentidos y particularmente la línea lateral parecen intervenir en este comportamiento.

Los atunes rojos se encuentran en aguas que van desde Terranova hasta Brasil, en el lado occidental, y desde Cabo Blanco (20° N) hasta Noruega y todo el Mediterráneo y el Mar Negro, en el lado oriental (Cort, 2007). Sin embargo su presencia en aguas del Norte de Europa es casi nula desde principios de los años 60 (Mac Kenzie y Myers, 2007). Se reconocen dos stocks (separados por el meridiano 45° W) determinados por sus áreas de puesta (Block *et al.*, 2005), el occidental, con el área de puesta en el Golfo de Méjico y el oriental, que se reproduce en el Mar Mediterráneo. Sin embargo, la proporción de mezcla entre ambos es mayor de lo que se pensaba hace unos años. (Block, *et al.*, 2005).

Los atunes se alimentan en zonas costeras de latitudes elevadas a fin de aumentar la grasa corporal que permita hacer frente al gran gasto energético que supone la migración y la reproducción (Chase, 2002). Persiguen sobre todo a los bancos de pequeños pelágicos: lanzones, boquerones, arenques, caballas, jureles, calamares... (Sinopoli *et al.*, 2004) aunque es considerado como un predador oportunista capaz de explotar una gran variedad de recursos (Stergiou y Karpouzi, 2002; Sara y Sara, 2007).

Como en otros escómbridos, el desarrollo del ovario es de tipo asíncrono, en el que pueden encontrarse simultáneamente ovocitos en todas las fases del desarrollo (Tyler y Sumpter, 1996). Así, el atún rojo puede considerarse como un pez de puestas múltiples, que puede ovular varias partidas de ovocitos en una estación reproductora.

En la naturaleza, la reproducción tiene lugar a principios de verano, fundamentalmente en dos zonas: el Mediterráneo y el Golfo de Méjico (Lutcavage *et al.*, 1999). Aunque puede ocurrir en otros lugares del Mediterráneo, se conocen principalmente tres zonas de puesta; al sur de Italia (alrededor de Sicilia), Baleares y el Mar Levantino (Turquía) (Rooker *et al.*, 2007). Los esquemas reproductivos de las poblaciones oriental y occidental del Atlántico son marcadamente distintos: en la



oriental la madurez se alcanza entre los 3 y 5 años de vida (Corriero *et al.*, 2005) mientras que en el occidental parece ocurrir mucho más tarde, entre los 6 y los 8 años (Baglin, 1982).

Para realizar la puesta de huevos, los atunes emigran formando grandes bancos que eligen las áreas más apropiadas en función de numerosas variables ecológicas y ambientales (Cort, 2007). Las hembras de entre 270 y 300 kg de peso pueden producir del orden de 10 millones de huevos por sesión de puesta.

La pesca comercial del atún rojo se realiza con las siguientes modalidades de pesca: Cebo vivo, caña, palangre, cerco y almadraba (ICCAT, 2008b). Desde hace cientos de años hasta los años 70, en el Atlántico Oriental y el mar Mediterráneo, la forma de captura tradicional fue la Almadraba. Posteriormente y hasta el momento actual, la pesca al cerco es la modalidad pesquera que mayores capturas obtiene, entre el 70 y el 86% de la captura total reportada (Ottolenghi, 2008). Las modalidades de palangre y caña operan durante todo el año. Por su parte, las almadrabas vienen realizando su actividad pesquera aprovechando la migración reproductiva de esta especie (Abril-Septiembre). En cuanto a la flota de cerco, su actividad se centraba en dos periodos concretos, el coincidente con la agregación de los reproductores en las zonas de puesta del Mediterráneo (Mayo-Julio) y en la captura de juveniles en otoño. En ambos casos, los atunes forman agregaciones de miles de individuos cerca de la superficie, por lo que pueden ser fácilmente detectados mediante inspección aérea o gracias a la presencia de gran cantidad de aves sobrevolando los cardúmenes. Además, la captura mediante cerco supone el único método utilizable para capturar los ejemplares manteniéndolos vivos, condición ésta indispensable para la actividad del engrase. Dado el importante aumento del esfuerzo pesquero que se produce sobre todo a partir de los años 80, y que pone al atún rojo en una situación de sobrepesca (Fromentin y Powers, 2005), la Comisión para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT, 2008a) decidió establecer la pasada década medidas correctoras, la principal de las cuales es el establecimiento de Capturas Máximas Permitidas, también llamadas cuotas. Así mismo se incrementa el tamaño mínimo de captura, pasando este de 6,5 kg a los 30 kg actuales, se limita el periodo de captura para la flota de cerco



(entre el 15 de Mayo y el 15 de Junio en 2010) y se prohíbe el uso de medios aéreos para la detección de cardúmenes. La cuota para todo el atún del Atlántico Oriental y Mediterráneo fue 22 000 t en 2009 y 13 500 en 2010 (40% de recorte), siendo la parte correspondiente a España de 4 117 t en 2009 y de 2 526 t en 2010. Estas capturas se repartieron en torno al 29% para la flota de cerco del Mediterráneo, un 26% para las Almadrabas, un 22% para la flota del cebo vivo del Cantábrico, un 14% para las flotas de palangre y línea de mano, un 7% para la flota de cañas y líneas de mano del Estrecho, y un 2% para la captura accidental y para la pesca recreativa. La flota de cerco que se dedica al atún rojo en España está formada por sólo 6 barcos, todos con base en el puerto tarraconense de l'Ametlla de Mar.

La producción se destina en su mayor parte al mercado japonés, en donde alcanza precios más elevados que en los mercados españoles y europeos (Mylonas *et al.*, 2010).

7.2.1. Cultivo

En la actualidad, el cultivo productivo del atún rojo atlántico es un cultivo basado en capturas (Ottolenghi, 2008). La reproducción en cautividad así como la producción de juveniles de esta especie, en el momento presente sólo se llevan a cabo a nivel experimental.

En las áreas de reproducción y en los meses de Mayo y Junio, se capturan ejemplares de más de 30 kg de peso (150 kg de media) mediante el arte de cerco, como se ha indicado previamente. Una vez en el cerco, que se mantiene abierto, los atunes son transferidos a una jaula de transporte, uniendo ambos bolsillos de red bajo el agua y abriendo una gran ventana. Esta maniobra denominada transferencia, se realiza con la ayuda de buceadores. Una vez en la jaula de transporte, los atunes son remolcados desde la zona de captura hasta las granjas de cultivo. Para evitar que la red se colapse, el transporte debe realizarse a una velocidad muy reducida, normalmente en torno a 1 nudo. Cuando la jaula de transporte llega a la granja, los atunes son transferidos a la jaula de cultivo, mediante la misma maniobra de unir los bolsillos. Una vez allí, los atunes son alimentados con pequeños peces y cefalópodos pelágicos (Vita *et al.*, 2004). El periodo de alimentación en las granjas, que transcurre entre su



ubicación en las jaulas y su envío al mercado es variable, oscilando entre 3 y 7 meses en el caso de España, Malta o Turquía, hasta más de un año en el caso de Croacia. El objetivo es aumentar el contenido graso de su músculo, detalle este altamente valorado por el mercado japonés. Es por ello por lo que a esta actividad se la conoce con el término de engrase (*fattening*) aunque se reconoce el término cultivo (*farming*) cuando la actividad se desarrolla durante uno o más años (ICCAT 2008a).

Una particularidad que cabe destacar en esta actividad, la constituyen los métodos de sacrificio que se utilizan. Para el despesque se utilizan varias formas, pero se basan todas en dejar a los atunes encerrados en un arte confeccionado al efecto, que puede estar dentro o fuera de la jaula, para dejarlos con poco agua, y entonces según el tamaño se sacrifican de una forma u otra.

Los atunes de menos de 80 kg generalmente se sacrifican produciéndoles la muerte inmediata introduciendo un punzón (llamado *Ike Jime* o *Shinkei Nuki* en japonés) en el cerebro del pez (Mylonas *et al.*, 2010).

Los atunes de peso superior son sacrificados antes de ser extraídos del agua. Para ello se utiliza una escopeta de cartuchos con una sola bala hueca, que al hacer el impacto sobre la cabeza del atún, se deforma y así no la atraviesa y por tanto no daña a otro que se encuentre próximo (Belmonte y De la Gándara, 2008).

Otras dos técnicas que han sido empleadas en el sacrificio del atún rojo en las granjas de engorde son: el electrosacrificio y la lupara.

La primera consiste en clavar un arpón provisto de una conexión eléctrica en el atún que va a ser sacrificado (Soto *et al.*, 2006). Esta técnica ya no se emplea debido a que un exceso de corriente eléctrica produce daños en la espina dorsal y en el músculo adyacente, reduciendo el valor de mercado, mientras que si la intensidad eléctrica es inferior a la necesaria, no se produce la muerte instantánea del animal.

La segunda se realiza mediante el uso de un rifle submarino o una vara de unos 2-3 metros de longitud que porta en su extremo un cartucho explosivo. Un buceador impacta bajo el agua dicho extremo sobre la cabeza del atún a sacrificar, produciéndole la muerte inmediata. Al igual que en el caso anterior, este método tiene la ventaja de



que el sacrificio se produce de forma individualizada, produciéndose en este caso, además, la muerte instantánea. Sin embargo, resulta poco práctico cuando el número de ejemplares a abatir en una jornada es muy elevado, ya que resulta un método muy lento.

En todos los caso, una vez muerto el atún, se procede a su desangrado rápido. Para ello se realizan unos cortes en las venas que recorren el atún superficialmente por los flancos y son las que alimentan de sangre al sistema de termorregulación. Una vez realizada esta operación, el atún es izado a bordo de la embarcación en donde o bien se procede a su decapitado o se introduce un alambre rígido a través de la cabeza para destruir la médula espinal (Mylonas *et al.*, 2010). Inmediatamente después, el atún es introducido en hielo bien entero o eviscerado.

Hay que tener muy en cuenta que el objetivo de todos los métodos de sacrificio es el de producir la muerte del pez lo más rápido posible, evitando la formación de lactato en el músculo (Messina y Santulli, 2008) que confiere un sabor metálico a la carne cuando se consume cruda. Este hecho, llamado síndrome de la carne quemada y en japonés *yake* hace que el precio de venta disminuya enormemente o incluso que no sea aceptado por el mercado japonés.

Los costes de producción en España han oscilado entre 8 y 9 euros/kg, incluido el precio del atún en su captura, generalmente pagado al pescador por el granjero (Belmonte y De la Gándara, 2008). En los dos últimos años, y debido a la disminución de cuota, el precio del atún capturado se ha incrementado notablemente, lo que ha hecho aumentar los costes de producción.

El precio de venta depende de muchos factores, entre los cuales figura principalmente si se trata de producto fresco o congelado pero también de otros muchos como la cantidad de grasa, el color, la textura y sobre todo el grado de *yake* que tiene la carne, tal y como se ha citado. Los precios de venta en promedio, de los últimos años han oscilado entre los 20 y los 40 euros /kg (Mylonas *et al.*, 2010)

En cuanto al aumento de peso que experimentan los atunes durante su época de alimentación a base de pescado natural, éste depende del tamaño inicial, de la temperatura del agua a lo largo del período de estabulación, del número de días de alimentación, del tipo de alimento, que tenga mayor o menor contenido graso, pues éste, no



olvidemos que es natural, y por tanto no tiene una composición corporal exacta y óptima para el fin al que va destinado. Pero por regla general un atún rojo del Atlántico, de un tamaño de 40-50 kg puede aumentar su peso alrededor de un 30 o 40% en los seis o siete meses que permanece en las jaulas, mientras que un atún de más de 150 o 200 kg, alcanza en torno a un 12 o un 15% más de peso en el mismo período (Belmonte y De la Gándara, 2008).

Al igual que el incremento en peso, las tasas de conversión del alimento son enormemente variables. En ejemplares de gran tamaño (> 150 kg) pueden superar los 40:1 (kg de carnada por kilo de atún producido). Esto se debe fundamentalmente al hecho de que estos atunes de gran tamaño no crecen realmente, sólo incrementan el contenido graso de su carne. Sin embargo, en ejemplares de pequeño tamaño (< 30 kg) se han citado tasas de conversión sensiblemente menores, entre 15-20:1 (Katavic *et al.*, 2003).

Como se indica al inicio de este apartado, en la actualidad la reproducción en cautividad y la producción de juveniles del atún rojo atlántico sólo se llevan a cabo a nivel experimental. Son varios los proyectos de investigación que han acometido o acometen el estudio de la reproducción en cautividad, la obtención de puestas, el desarrollo de los cultivos larvarios, la alimentación en las primeras fases de cultivo etc.

En Febrero de 2002 se celebró en Cartagena el I Simposio Internacional sobre la domesticación del atún rojo. Una de sus conclusiones más relevantes fue la necesidad de contar con una instalación en tierra capaz de albergar reproductores de atún rojo y obtener puestas viables (Gordin, 2003).

El primer proyecto que se realiza a nivel europeo para conseguir la reproducción en cautividad del atún rojo es el proyecto REPRODOTT (Reproduction of the Bluefin Tuna in Captivity-feasibility study for the domestication of *Thunnus thynnus*), que se llevó a cabo en el periodo comprendido entre los años 2003-2006. Uno de los resultados más relevantes obtenidos fue la consecución por primera vez a nivel mundial, de puestas de atún rojo en cautividad (Mylonas *et al.*, 2007).

En el año 2008, comienza el proyecto SELFDOTT (From capture based to self-sustained aquaculture and domestication of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*) que pretende continuar avanzando en la domesticación de esta



especie, tras los resultados esperanzadores obtenidos en el REPRODOTT. Este proyecto, nuevamente coordinado por el IEO, tiene una duración de tres años, posteriormente ampliados hasta final de 2011.

Entre los resultados destacables del proyecto SELFDOTT en el año 2009 (SELFDOTT, 2010), figuran la obtención de 140 millones de huevos viables a lo largo de 17 días, a partir de reproductores confinados en una jaula flotante e inducidos hormonalmente (De la Gándara *et al.*, 2009), y la realización de cultivos larvarios de esta especie (Ortega *et al.*, 2009), llegando a obtener individuos de 30 g de peso y con una longitud total de 14 cm.

A mitad de junio del año 2010 se consiguen puestas espontáneas, sin inducción hormonal (De la Gándara *et al.*, 2010), que se repiten a lo largo de un periodo de más de un mes. En la segunda mitad de Agosto de 2010 se transportaron por primera vez juveniles de atún rojo nacidos en cautividad y criados en las instalaciones del IEO en Mazarrón, a jaulas flotantes en la Bahía del Gorguel. Estos atunes tenían 5 días de vida y un peso medio de alrededor de 10 g, y a pesar de que la supervivencia tras el transporte fue muy reducida, se consigue incrementar la supervivencia larvaria más allá del día 100, consiguiendo obtener atunes de más de 100 g de peso.

Paralelamente al proyecto SELFDOTT, se ha venido desarrollando en Italia el proyecto ALLOTUNA con resultados similares a los obtenidos en el proyecto SELFDOTT.

Otros proyectos realizados han conseguido identificar y monitorizar la puesta natural de esta especie, determinando el rango horario de la puesta y la fertilidad de la misma (Gordoa *et al.*, 2009) y demostrando que los atunes producían huevos embrionados viables tras su captura y confinamiento en jaulas (Gordoa, 2009).

Por último es importante señalar que el IEO está realizando en la actualidad un proyecto para construir una instalación en tierra para la reproducción del atún rojo.

7.2.2. Reproducción en cautividad

Para el mantenimiento de los reproductores se usan jaulas flotantes semejantes a las que se utilizan en la actividad de engrase o un poco más pequeñas (jaulas circulares de 25 m de diámetro y 20 m de pro-



fundidad) en los que se mantienen los reproductores a una densidad inferior a 1 kg/m³. Las jaulas están provistas de un bolsillo de malla de 2 cm de luz, para evitar en lo posible la entrada de pelágicos que depredan los huevos liberados. Los atunes son alimentados una vez al día, a saciedad, con pescado crudo, fundamentalmente estornino (*Scomber japonicus*) y caballa (*Scomber scombrus*).

Los atunes reproductores responden a la inducción hormonal liberando sus gametos 48-72 horas tras la inducción. Los peces se implantan bajo el agua con ayuda de un rejón (lupara) mediante la aplicación de un arponcillo plástico (Figura 2) que en su base contiene los implantes de GnRH α (6 mg/pez), según la técnica desarrollada en el proyecto REPRODOTT (Mylonas *et al.*, 2007). Las puestas se producen por la noche, a partir de las 3 de la madrugada, y en ocasiones se prolongaban hasta después de la salida del sol. En la Figura 3 se observa la cantidad de huevo viable recolectado diariamente durante 2009 en el proyecto SELFDOTT. La temperatura del agua osciló entre los 22 y los 28 °C en superficie en el fondo de la jaula. El periodo de puesta fue de 17 días y se extendió entre el 29 de Junio y el 15 de Julio (Figura 3).



FIGURA 2.

Ejemplar de atún inducido hormonalmente (A. Belmonte).

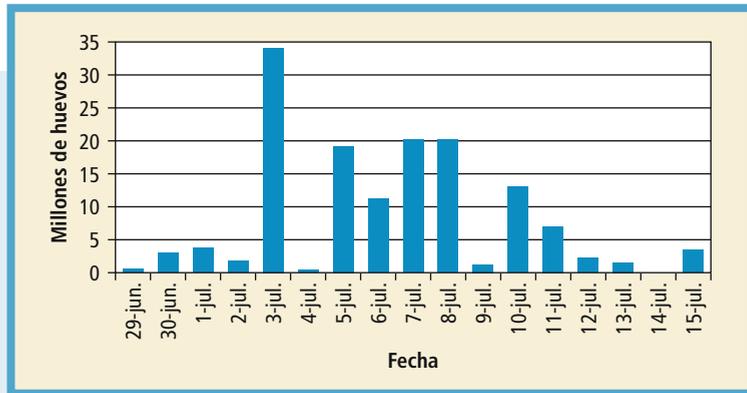


FIGURA 3.
Huevos viables (en millones) recolectados diariamente en 2009.

Para la recolección de los huevos se puede usar un colector simple, una lona de PVC que cubre el perímetro de la jaula y que se extienda hasta los 2-4 metros de profundidad (Figura 4). Esto permite recoger los huevos flotantes si la corriente no es muy intensa. Otros colectores diseñados para coleccionar los huevos con mayores corrientes se han mostrado ineficaces.

Como ya se ha citado anteriormente, experiencias realizadas en la temporada de puesta 2010 han demostrado que los atunes pueden



FIGURA 4.
Recolección de huevos de atún rojo en la jaula de reproductores (F. de la Gándara).



realizar las puestas espontáneamente sin necesidad de inducción hormonal. Esto está en concordancia con los resultados obtenidos con otras especies de atún (*Thunnus orientalis*, *Thunnus albacares*, etc.) que ponen espontáneamente en cautividad bien en jaulas (Sawada *et al.*, 2005) bien en tanques (Margulies *et al.*, 2007).

La Figura 5 muestra las puestas espontáneas obtenidas en dos jaulas de reproductores de atún en los meses de Junio y Julio de 2010.

Se ha expuesto que para obtener puestas viables de atún rojo es necesario estabular reproductores (individuos de más de 4 años de vida, por lo general de más de 80 kg de peso) durante un periodo superior a un año, o bien obtener las puestas en las propias áreas de puesta, una vez capturados los reproductores. En ambos casos, dichos reproductores son capturados por las empresas que se dedican a la actividad de engrase en las áreas de puesta naturales del Mediterráneo, por lo que su disponibilidad va a depender de que se cuente con la colaboración de dichas empresas.

Otros problemas derivan del hecho de mantener los reproductores estabulados en el mar. Estaciones meteorológicas desfavorables pue-

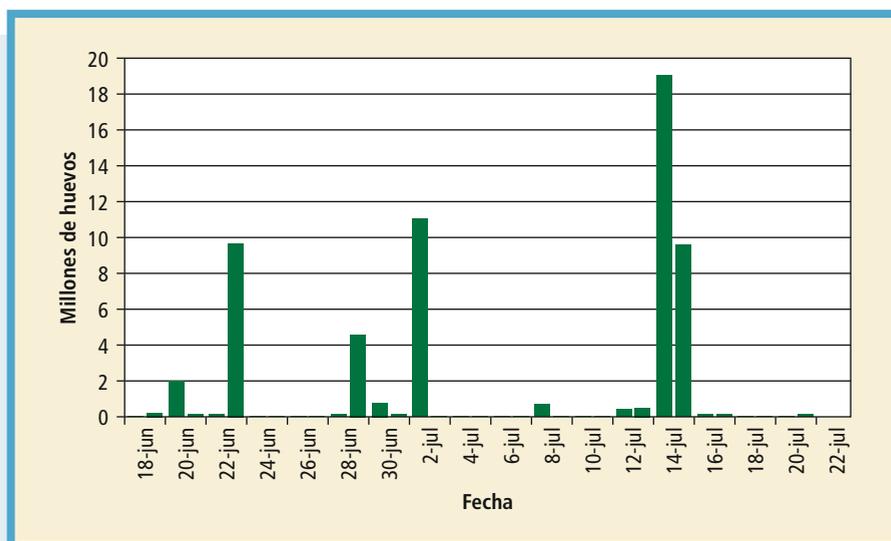


FIGURA 5.

Huevos viables (en millones) recolectados diariamente en 2010.



den hacer que se pierdan parcial o totalmente las puestas de atún, por lo que sería de gran utilidad contar con algún tanque en tierra que además podría posibilitar a las empresas interesadas a la obtención de huevos embrionados en diferentes épocas del año mediante el control del foto y termoperiodo.

Si bien en 2010 no fue necesaria la inducción hormonal de los atunes, obteniéndose las puestas de forma espontánea, no está demostrado que en determinadas situaciones se produzcan dichas puestas espontáneas. Muchos peces muestran disfunciones reproductivas cuando se encuentran en cautividad (Zohar y Mylonas, 2001), y por tanto, dicha inducción hormonal podría ser imprescindible en determinadas circunstancias. Lo que si ha quedado demostrado (Mylonas *et al.*, 2007) es que la inducción hormonal favorece tanto la maduración como la puesta.

7.2.3. Incubación y cultivo larvario

La incubación puede realizarse en incubadores específicamente diseñados al respecto o directamente en los tanques de cultivo larvario.

En el primera caso se utilizan incubadores de 500-1 000 litros, con aporte de agua filtrada y aire, a una densidad que no debe superar los 1 000 huevos/l. La salinidad se mantiene en torno a 37 ‰ y la temperatura oscila entre 23 y 26 °C. La entrada de agua a los incubadores se produce por la parte inferior. Esto es importante ya que un día después de la eclosión las larvas tienden a irse al fondo del tanque, con lo que cualquier fallo en la aireación puede acarrear la pérdida total de las larvas.

La tasa de eclosión suele ser superior al 85%. A 25 °C, la eclosión comienza a las 28-30 horas desde la fecundación.

Si los huevos fecundados (Figura 6) son directamente colocados en los tanques de cultivo larvario, las condiciones físico-químicas son similares a las descritas anteriormente, y la densidad de inóculo suele ser baja, de entre 5 y 25 huevos/litro. Esto permite evitar la manipulación de las larvas y que al mismo tiempo el deterioro del agua de cultivo durante la incubación y eclosión de los huevos sea insignificante.

Si las larvas (Figura 7) nacen en incubadores, son trasladadas a los tanques de cultivo larvario cuando tienen 1 DDE (día después de la eclosión). Estos son tanques cilíndricos (Figura 8), de diversos volúme-

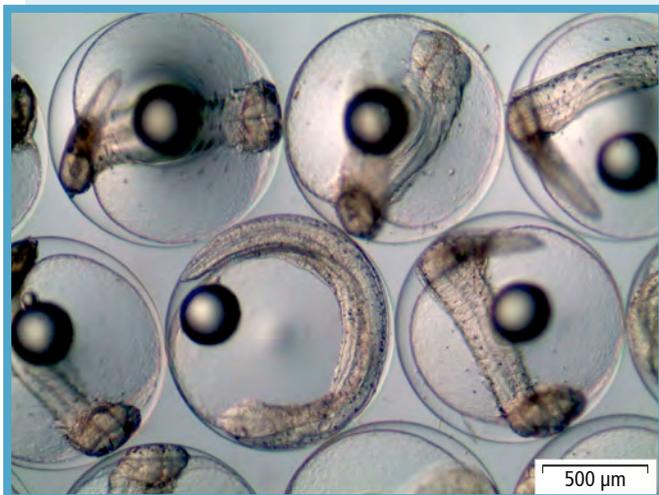


FIGURA 6.
Huevos de atún rojo
antes de la eclosión
(F. de la Gándara).

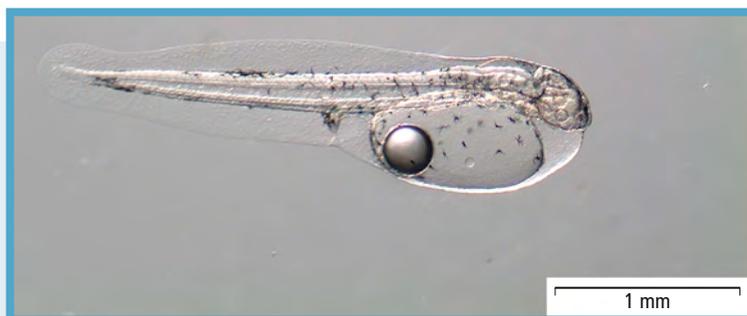


FIGURA 7.
Larva de atún rojo recién eclosionada (F. de la Gándara).

nes comprendidos entre 5 y 50 000 litros y con una altura de agua de 1-2 m. La densidad larvaria suele oscilar entre 4 y 20 larvas iniciales/l. Los tanques están provistos de una entrada de agua inferior, aireación, iluminación artificial y un limpiador de superficie, del tipo descrito en Chatain y Ounais-Guschemann (1990).

Existen dos picos importantes de mortalidad:

1. El primero se produce durante los primeros días de vida y se corresponde con larvas que se van al fondo del tanque o que no

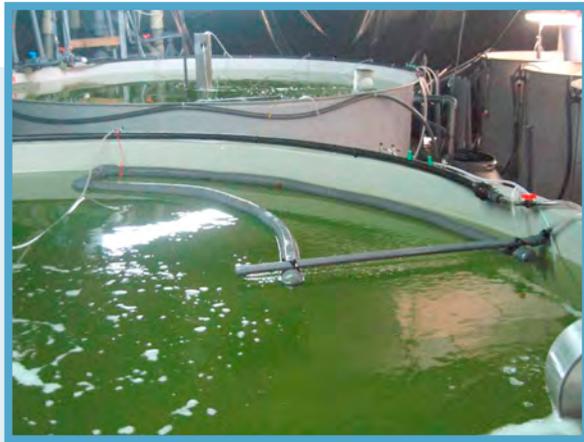


FIGURA 8.
Tanque de cultivo larvario
(F. de la Gándara).

son capaces de alimentarse. Durante esta fase observamos una mortalidad variable que puede llegar a ser del 60-90% según los tanques, y que puede estar relacionada con:

- Mala calidad de las larvas
 - Deficientes condiciones de cultivo, que puede dirigir a que las larvas mueran por hundimiento o a que queden atrapadas en la superficie del tanque
2. El segundo pico se produce hacia el 15-17 DDE, y parece deberse a problemas nutricionales y/o patológicos. Esta mortalidad puede alcanzar el 100% en algunos tanques y se detiene cuando las larvas supervivientes comienzan a alimentarse de larvas de otros peces.

En la Figura 9 se muestra el crecimiento de las larvas de atún durante los 30 primeros días. A los 30 días de vida, la metamorfosis está terminada y el alevín de atún pesa entre 1 y 2 g.

A pesar de que no existe unanimidad al respecto, algunos autores sostienen que el mantenimiento de la luz durante las horas nocturnas previene la elevada mortalidad que se produce en condiciones de oscuridad, en larvas antes de la flexión de la notocorda (Ishibashi *et al.*, 2009).

A partir del 2.º DDE se comienza la alimentación con rotífero enriquecido. Diariamente también se administra fitoplancton a los tanques de cultivo (*Nannochloropsis gaditana*, *Isochrysis galbana* o una mezcla

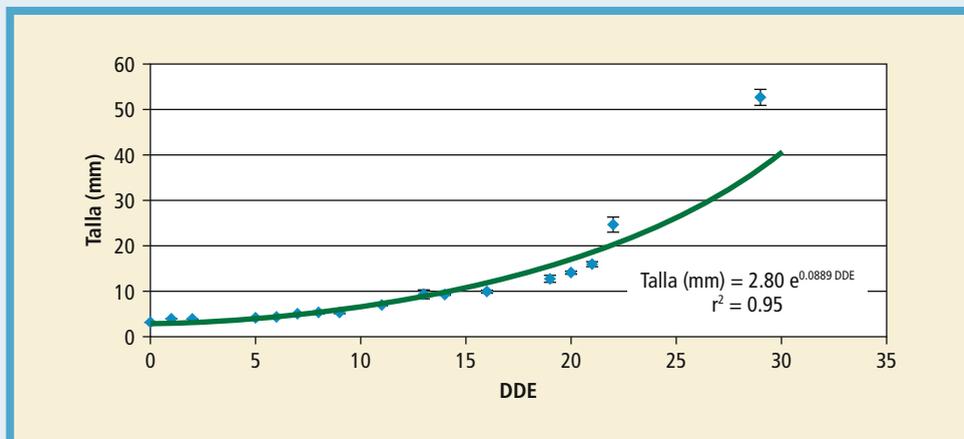


FIGURA 9.

Crecimiento de larvas de atún rojo los primeros 30 DDE (medias \pm error estándar).



FIGURA 10.

Larva de atún rojo de 18 DDE (F. de la Gándara).

de ambas). A 12-15 DDE comienza la alimentación con metanauplios enriquecidos de Artemia. A los 17-18 DDE (Figura 10) se comienza a añadir larvas recién eclosionadas, fundamentalmente de dorada (*Sparus aurata*). En este punto el porcentaje de renovación de agua se incrementa progresivamente desde un 100 hasta un 400%/día.



Las larvas de atún aceptan rotífero (*Brachionus plicatilis*) como primer alimento, pero su ingesta es moderada durante los dos primeros días de apertura de la boca. A partir del 4 DDE, su ingesta aumenta rápidamente, y la larva se vuelve más activa. La primera inflación de la vejiga la realizan entre los 4 y 6 DDE. Durante estos primeros días su crecimiento es moderado, comenzando a aumentar a partir de día 12-14, coincidiendo con la alimentación de Artemia. 4 ó 5 días después comienzan a alimentarse de larvas de peces, y la dispersión de tamaño se hace muy patente, observándose un canibalismo muy acentuado.

Los principales problemas que afectan a la supervivencia de los juveniles de atún rojo son el estado nutricional y el canibalismo y las patologías. Los tres problemas parecen estar interrelacionados, ya que una nutrición deficiente induce al canibalismo y origina larvas y alevines débiles y susceptibles de contraer infecciones por gérmenes oportunistas.

A partir de 20-25 DDE se puede iniciar la alimentación a base de pescado triturado. En los experimentos realizados hasta ahora se ha utilizado bonito (*Sarda sarda*), caballa (*Scomber scombrus*), jurel (*Trachrus sp sp*) y bolo (*Ammodytes tobianus*). Parece que la alimentación con bonito es la que produce mejores resultados de supervivencia.

Hay que destacar que en el caso del atún rojo del Pacífico, si que existe desarrollado un pienso de destete que ofrece muy buenos resultados tanto en crecimiento como en supervivencia (Biswas, 2009), pudiendo ser empleado a partir de los 20 DDE conjuntamente con larvas de peces, y mantenerse como única alimentación a partir del mes de vida.

Una vez destetados, el crecimiento de los atunes es rápido (Figura 11), alcanzando los 30 g de peso y en torno a los 13 cm a los 70 DDE (Figura 12) pudiéndose trasladar a la jaula hacia los 40-45 días, cuando tienen un peso de 5-10 g.

El manejo es difícil, y las principales mortalidades se deben a patologías, canibalismo y colisiones con la pared de los tanques. En *Thunnus orientalis* se han descrito técnicas para disminuir esta mortalidad en base a pintar la pared del tanque con estampados brillantes y mantener iluminación nocturna (Ishibashi, 2010).

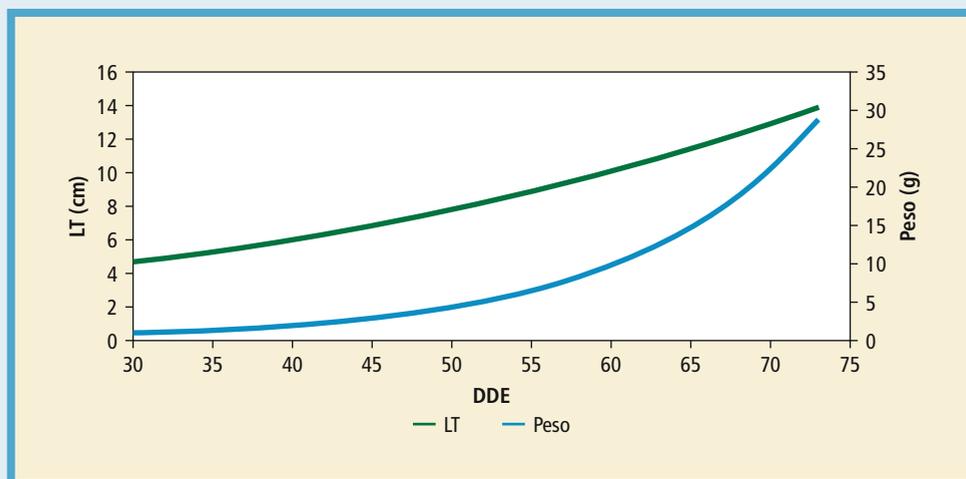


FIGURA 11.
Crecimiento de atún rojo a partir de 30 DDE.



FIGURA 12.
Alevín de atún rojo de 70 DDE (F. de la Gándara).

Cabe señalar que los resultados obtenidos en 2011 mejoraron notablemente, tanto en crecimiento como en supervivencia, los obtenidos en 2010, y los juveniles producidos alcanzaron el kg de peso tras cuatro meses de vida.



7.2.4. Preengorde y engorde

En el momento actual, no se ha conseguido producir en cautividad un número suficiente de juveniles de atún rojo atlántico como para iniciar la actividad de engorde, por tanto, y como ya se ha citado, la actividad de engorde se realiza a partir de individuos capturados en el medio natural. No obstante, algunas experiencias realizadas con juveniles capturados en el medio dentro del proyecto SELFDOTT mencionan un rápido crecimiento que, en aguas del Mediterráneo, haría que los ejemplares engordados en cautividad alcanzaran los 3-4 kg al término del primer año de vida y los 9-12 kg al término del segundo.

En las jaulas de engrase, los atunes capturados en el medio natural son alimentados una vez al día a saciedad, siendo esta operación supervisada por buceadores para ver el comportamiento de los atunes y su interés por el alimento, de manera que cuando éste desaparece se deja de alimentar. Generalmente se suministra el alimento a través de un tubo que se conecta desde el barco y se dirige al centro de la jaula y junto con el agua bombeada se mezcla el alimento para que éste se desplace a través del interior de dicho tubo y llegue al centro de la jaula.

La alimentación es a base de sardina (*Sardina spp.*), sardinela o alacha (*Sardinella spp.*), jurel (*Trachurus spp.*), caballa (*Scomber scombrus*), estornino (*Scomber japonicus*), y algunas especies de cefalópodos de forma manual. Debido a que el principal objetivo es el de aumentar sustancialmente la cantidad de grasa en el músculo, la mayor parte de la alimentación está basada en carnada muy rica en grasa, fundamentalmente caballa.

Los atunes tienen un comportamiento jerárquico, así los más grandes comen primero mientras los de menor tamaño esperan en el fondo de la jaula a que éstos vayan perdiendo su interés por el alimento, y entonces comienzan ellos. Al principio, cuando se desconocía mucho más sobre su comportamiento, el alimento se vertía sin ningún tipo de cuidado, lo que provocaba, por un lado, pérdida del mismo y desaprovechamiento, y por otro lado, afección al fondo marino.

Ha habido algunas iniciativas para incorporar una dieta a base de alimento artificial, que reduzca la dependencia de pequeños pelágicos



usados como base alimentaria en esta actividad (Norita, 2003). Sin embargo no han prosperado debido a que no se ha desarrollado aún una dieta artificial eficiente para el atún rojo del atlántico ya que el mercado japonés prefiere los atunes alimentados con pescado.

7.2.5. Perspectivas de cultivo

Como ya se ha citado, el principal inconveniente de su cultivo en la actualidad lo constituye el hecho de que no se cuenta con producción de juveniles. Su cultivo se basa por tanto en la captura de ejemplares de unas poblaciones naturales cada vez más esquilgadas (Ottolenghi *et al.*, 2004). La estrategia de producción que se realiza en la actualidad (*fattening*) se enfrenta a serios problemas que ponen en tela de juicio su sostenibilidad. Quizás el más importante sea, como ya se ha citado, el que en la actualidad la producción se basa en capturas del medio natural, de unas poblaciones en clara situación de sobrepesca. El segundo problema actual es que la fuente de alimentación exclusiva de los atunes, lo constituyen pequeños pelágicos (caballa, estornino, sardina etc.), cuyas poblaciones naturales también se están viendo seriamente afectadas. Además, el uso de carnada, en ocasiones traída de mares lejanos, conlleva el riesgo de importación de enfermedades tanto a los propios atunes, como a las poblaciones de peces que circundan las jaulas de cultivo y que se alimentan de los restos de carnada. A este respecto se ha citado que una mortalidad importante en las poblaciones naturales de sardina australiana podría haber sido provocada por un virus que según parece portaba la carnada que se suministraba a los atunes (WWF, 2005). Por tanto, es necesario desarrollar alimentos artificiales, más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, que reduzcan la presión que se ejerce sobre las poblaciones de pequeños pelágicos. Si bien en una primera fase y al igual que ocurre con el resto de especies de peces carnívoros, la dependencia de las harinas y aceites de pescado será alta, los esfuerzos que se están realizando por sustituirlos por otros provenientes de otras fuentes (vegetales terrestres, macro y microalgas, bacterias, etc.) contribuirán a la sostenibilidad en la producción de dichas dietas.

También puede citarse que la actividad actual está basada en los altos precios que este producto alcanza en el mercado japonés, por lo

que de producirse una crisis en éste, el desarrollo de esta actividad se vería seriamente comprometido.

Sólo la producción independiente de estas especies a nivel industrial, pueden hacer que las poblaciones naturales recuperen la estructura que tenían hace cientos de años, sin renunciar al consumo de su carne en la cantidad y calidad que requiere un mercado, cada vez más importante y selectivo.

7.3. BONITO ATLÁNTICO (*Sarda sarda*)

El bonito atlántico, *Sarda sarda* (Bloch 1793) tiene el cuerpo ligeramente alargado y estrecho (Figura 13). La boca es grande y las mandíbulas son alargadas pudiendo alcanzar el borde posterior del ojo. No presenta dientes en la lengua.

Las dos aletas dorsales se repliegan al tiempo, y la primera dorsal es bastante alargada, pudiendo tener entre 20 y 23 radios espinosos. Tiene párpados adiposos poco desarrollados y la línea lateral es ondulada y conspicua. Presenta dos quillas pequeñas y otra central más desarrollada y dos huesos intermusculares unidos a cada lado de la parte posterior del cráneo. El cuerpo esta cubierto de pequeñas escamas excepto en la zona del coselete, donde son grandes. El dorso y la parte superior de los flancos son de color azulado-verdoso, con 5-11 bandas oblicuas de color oscuro. En los individuos jóvenes se pueden apreciar 12-16 bandas oscuras verticales.

No tiene vejiga natatoria y el bazo es grande y prominente en visión ventral. El intestino se dirige recto desde el estómago hasta el ano, aunque tiene dos lazos adicionales.



FIGURA 13.
Ejemplar de bonito atlántico (F. de la Gándara).



Puede llegar a medir 80 cm de largo y pesar más de 5-6 kg, aunque las capturas mas comunes son de individuos de 1-2 kg.

Especie pelágica, suele vivir cerca de la superficie en zonas costeras. Puede realizar importantes migraciones y a menudo forma numerosos cardúmenes. Se alimenta fundamentalmente de otros peces como sardinas y jureles.

Se distribuye a ambos lados de la zona tropical y subtropical del oceano Atlántico, pudiendo llegar hasta las Islas Británicas. Frecuente en el Mediterráneo.

Especie dioica, el ovario madura asincrónicamente y la puesta se produce hacia finales de la primavera en el Mediterráneo y en el verano en el Atlántico Norte (Rey *et al.*, 1984; Macias *et al.*, 2005a). Cada hembra puede realizar varias puestas en cada estación reproductora, con fecundidades absolutas estimadas que oscilan entre 304 000 y 1 150 000 ovocitos (Macias *et al.*, 2005b). Los huevos de bonito son relativamente grandes y presentan varias gotas de grasa. La larva se desarrolla muy rápidamente y los juveniles de poco mas de 3 cm de longitud ya muestran las típicas bandas verticales, que se mantienen hasta que alcanzan los 25-30 cm.

Se pesca durante todo el año con numerosos artes: arrastre, cerco, artes de enmalle, palangre y almadrabas. Su carne es muy sabrosa y apreciada y se consume fresco, en salazón o en conserva.

7.3.1. Cultivo

El bonito Atlántico presenta un elevado crecimiento, pudiendo alcanzar 1 kg de peso en unos pocos meses de vida (Santamaría *et al.*, 2005), y es capaz de reproducirse al final del primer año de edad (Rey *et al.*, 1984; Macias *et al.*, 2005a). Sin embargo al tratarse de un pez pelágico, ventilador pasivo y habituado a nadar en aguas libres, es muy sensible a las manipulaciones, y aunque algunas especies similares como *Sarda orientalis*, (Kaji *et al.*, 2003) y *Sarda chiliensis*, (McFarlane *et al.*, 2000) han sido cultivadas, hasta el 2005 no comenzaron las primeras experiencias de cultivo con *Sarda sarda*.

Hasta el momento, la reproducción en cautividad y producción de juveniles del bonito atlántico sólo se llevan a cabo a nivel experimental. Son escasos los proyectos de investigación que han acometido o



acometen el estudio de la reproducción en cautividad, la obtención de puestas, el desarrollo de los cultivos larvarios, la alimentación en las primeras fases de cultivo etc.

En el año 2006, el IEO aprobó y financió un proyecto denominado «Cultivo de bonito atlántico, *Sarda sarda*» para evaluar la posibilidad de su cultivo. Los buenos resultados obtenidos hicieron que se introdujera en el proyecto SELFDOTT como especie secundaria para avanzar en su cultivo.

7.3.2. Reproducción en cautividad

En el Centro Oceanográfico de Murcia existen diferentes stocks de reproductores desde el año 2005. Estos peces se mantienen en tanques grandes, de 20 a 60 m³ con un flujo continuo de agua que asegure que el oxígeno se encuentre siempre por encima del 90% de saturación, en circuito abierto o en sistemas de recirculación. Los peces se estresan con facilidad, por lo que se debe limitar la intervención humana a las labores de limpieza y alimentación. Ésta se hace en base a pescado fresco, usualmente caballa y sardina que se suplementa con calamar cuando se acerca la época de reproducción.

Los reproductores silvestres proceden de pescas efectuadas en la almadraba en los meses de Marzo-Mayo cuando la temperatura del mar es inferior a 17 °C. Los resultados obtenidos son mejores cuando los peces son menores de 1,5 kg. Tras un periodo de aclimatación de unas dos o tres semanas los peces comienzan a alimentarse. La densidad de estabulación es baja, inferior a 2 kg/m³.

En las condiciones anteriormente descritas, y tras un periodo no inferior a 12 meses, los peces maduran en cautividad y son capaces de reproducirse naturalmente. El comportamiento reproductivo es evidente, con un cortejo muy acentuado en el que los machos, que suelen desarrollar unas bandas verticales, persiguen velozmente a las hembras.

La puesta se produce al anochecer. Se cambia la circulación del agua de tal modo que abandone el tanque en superficie, y los huevos fecundados se recogen con la ayuda de un salabre de malla inferior a 1 mm.

La primera madurez sexual se alcanza al final del primer año de vida, cuando los peces tienen poco más de un kg de peso. No obstante, las mejores puestas se consiguen entre el segundo y tercer año de vida, cuando los bonitos pesan entre 2 y 3,5 kg.



Como se indicó anteriormente, el ovario tiene una maduración asincrónica, y cada hembra puede realizar más de 10 puestas en cada estación reproductora, con fecundidades que oscilan entre 100 000 y 500 000 huevos por kg de hembra.

Los huevos de bonito miden entre 1,05 y 1,12 mm y presentan varias gotas de grasa (Ortega *et al.*, 2007a). Los niveles de ácidos grasos altamente insaturados de cadena larga (HUFA) son muy elevados, y la relación entre los ácidos docosahexanoico y eicosapentanoico (relación DHA/EPA) es del orden de 2,7 (Ortega y Mourente, 2009). La larva se desarrolla muy rápidamente y los alevines de un mes de vida pesan más de un gramo.

En el IEO se han obtenido puestas procedentes de los distintos stocks de reproductores desde el año 2006, consiguiéndose cerrar el ciclo en 2010. Este año, un stock de 17 peces nacidos en 2009 se reprodujo por primera vez, obteniéndose más de un millón de huevos fecundados que dieron lugar a la primera generación F2 cuyos padres habían desarrollado toda su vida en cautividad. En la Figura 14 se muestran las puestas obtenidas en el IEO procedentes

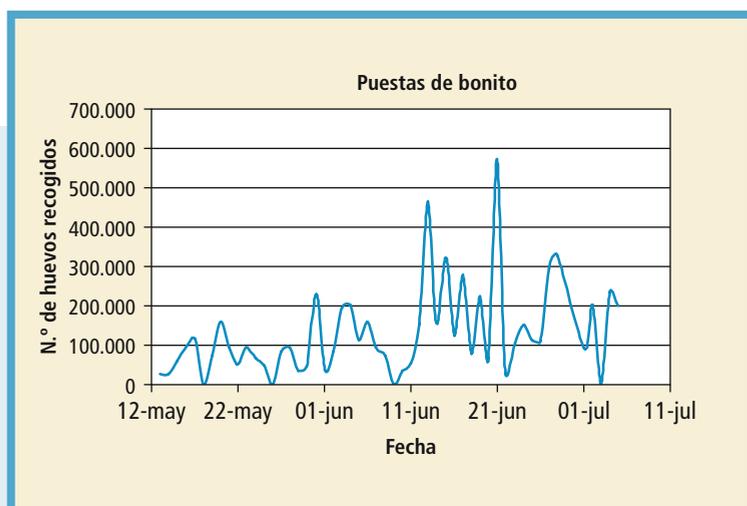


FIGURA 14.
Huevos embrionados de bonito
recolectados diariamente en el IEO en 2009.

de un stock de reproductores de 3 años de edad, 6 de los cuales eran hembras.

7.3.3. Incubación y cultivo larvario

La incubación se realiza entre 19 y 22 °C de temperatura, con tasas de eclosión cercanas al 80%. Como ocurre en otras especies de peces, la duración del desarrollo embrionario se acorta con la temperatura; mientras que a 19 °C la eclosión comienza tras 55-56 horas, a 22 °C comienza a 47-48 horas y a 25 °C empieza unas 40 horas tras la fertilización (Ortega *et al.*, 2008). En la Figura 15 se puede observar el

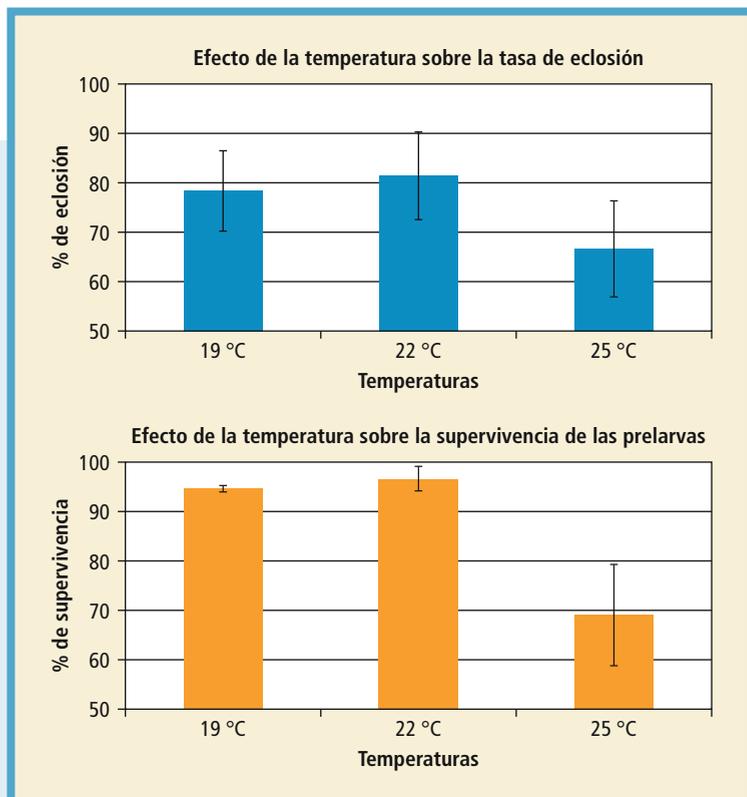


FIGURA 15. Efecto de la temperatura sobre la incubación de bonito (medias ± desviación estándar).



efecto de la temperatura sobre la tasa de eclosión y la supervivencia de las prelarvas.

El desarrollo embrionario se muestra en la Figura 16. A 21 °C las primeras divisiones comienzan entre 1h:30-1h:45 minutos tras la fecundación. El estado de mórula puede observarse tras unas cinco horas. A las 24 horas ya ha comenzado la formación del embrión y pocas horas mas tarde se inicia la segmentación. Las larvas empiezan a eclosionar unas 48-50 horas después de la fecundación, y después de 6 horas el 100% de las larvas han nacido (Ortega y De la Gándara, 2007b).

La incubación puede realizarse en incubadores específicamente diseñados a tal fin o en los mismos tanques de cultivo larvario. La temperatura suele oscilar entre 19 y 22 °C.

En cuanto al desarrollo larvario, su evolución es muy rápida, produciéndose una serie importante de cambios morfológicos, fisiológicos y de comportamiento en poco tiempo.

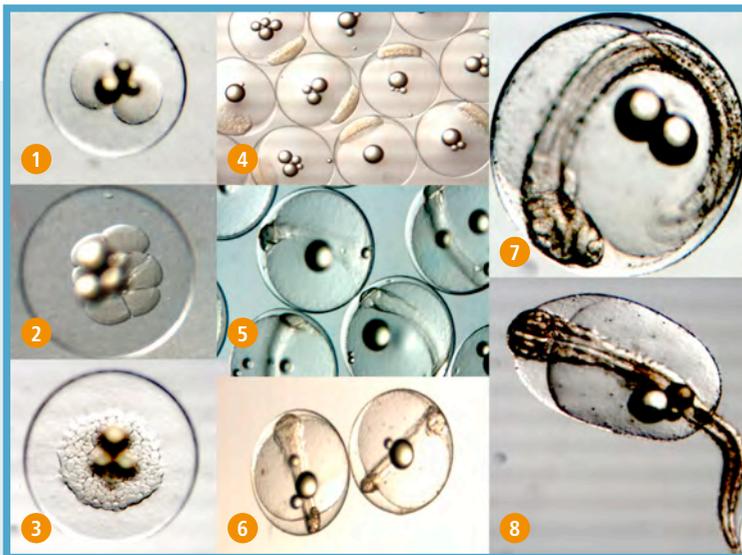


FIGURA 16.

Desarrollo embrionario de bonito: Primera división (1); estado de ocho células (2); mórula (3); comienzo de la blástula (4); formación del embrión (5); segmentación somática (6), preeclosión (7); larva eclosionando (8). (A. Ortega).

Al nacer tiene un tamaño similar al de otros peces marinos cultivados, pero al igual que sucede con otros escómbridos, su crecimiento es bastante más rápido que el de los espáridos y serránidos. En la Figura 17 puede observarse su crecimiento durante los primeros veinte días de cultivo.

De acuerdo a Ortega *et al.* (2007b), en el desarrollo larvario del bonito atlántico se pueden diferenciar seis estadios diferentes que se describen a continuación:

ESTADIO 1: Las larvas recién nacidas flotan pasivamente en la superficie del agua, y tienen varios melanóforos distribuidos a lo largo de todo el cuerpo. Miden sobre 4 mm y el saco vitelino es muy voluminoso (Figura 18).

ESTADIO 2: Corresponde con la reabsorción total del saco vitelino. La boca esta abierta y hay una ligera protusión de la mandíbula inferior. La larva se vuelve mas activa, se pueden observar las aletas pectorales y comienzan a verse melanóforos en la parte superior de la cabeza. El ojo está pigmentado y abren la boca para comenzar su alimentación exógena. Esto sucede el día 2 de vida.

ESTADIO 3: Ya se pueden observar los dientes de ambas mandíbulas. Hay un mayor número de melanóforos en la cabeza y en el hocico. La larva ya caza activamente. Tiene 5-7 días de vida (Figura 19).

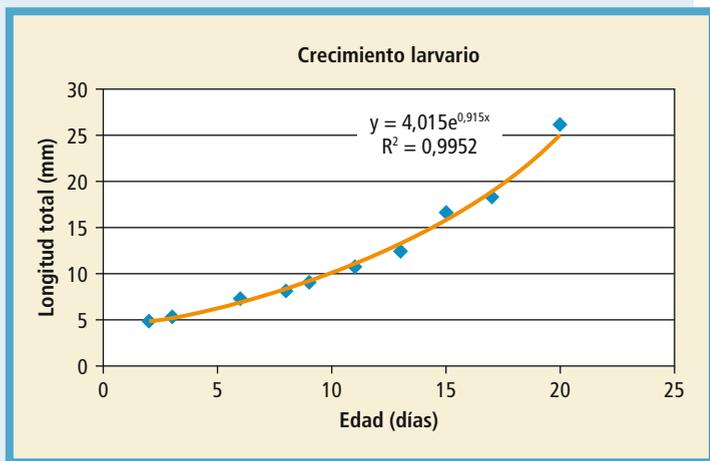


FIGURA 17.
Crecimiento de las larvas de bonito.



FIGURA 18.
Larva de bonito
estadio 1 (0 DDE)
(F. de la Gándara).



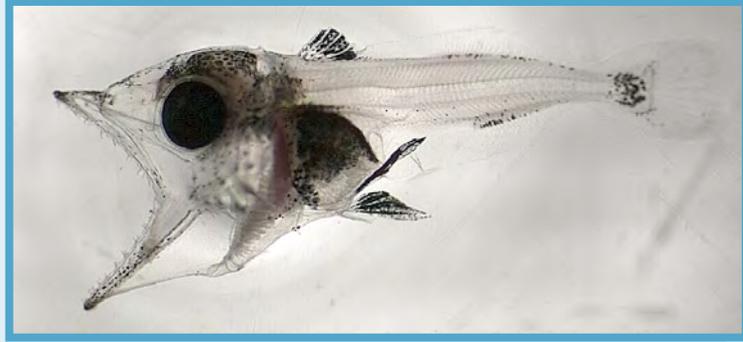
FIGURA 19.
Larva de bonito
estadio 3 (5 DDE)
(A. Ortega).

ESTADIO 4: Hay una diferenciación de la cabeza, aumenta el diámetro del ojo y ya pueden observarse las aletas ventrales. Aparece la musculatura ventral y dorsal del tronco. Sus hábitos alimentarios comienzan a cambiar y aparece el canibalismo. La larva es muy activa, tiene unos 10 días de vida, y su crecimiento se acelera considerablemente. Empieza a alimentarse de larvas de peces.

ESTADIO 5: Se corresponde con una metamorfosis bastante pronunciada: se diferencian las aletas dorsal y caudal, se flexiona la notocorda. Los peces aumentan significativamente su ingesta y su crecimiento. Su alimentación es básicamente piscívora. Las larvas tienen 13-15 días de vida (Figura 20).

ESTADIO 6: Se caracteriza por una segunda metamorfosis que comienza sobre el día 20 de vida y en la cual ya adquiere las caracte-

FIGURA 20.
Larva de bonito
estadio 5 (14 DDE)
(A. Ortega).



rísticas del adulto. Se desarrollan todas las aletas (incluyendo las pínulas), y comienza a platear los opérculos y toda la zona abdominal. Los radios de la aleta caudal se tiñen de negro. La larva mide sobre 2-2,5 cm.

A partir de un mes de vida, el juvenil ya ha finalizado totalmente la metamorfosis y tiene ya el aspecto del adulto. Mide sobre 5-6 cm y pesa entre 1 y 2 g.

Los tanques de cultivo larvario son similares a los utilizados en otras especies de peces con la única peculiaridad de que la entrada de agua se produce en el fondo y la aireación es ligeramente mas intensa. Esto es especialmente importante en los primeros días de vida ya que al terminar la reabsorción de la vesícula vitelina, la larva tiene tendencia a hundirse, fundamentalmente durante la noche.

Al igual que sucede con los espáridos, los tanques se dotan de limpiadores superficiales, ya que la larva necesita subir a la superficie para tomar una gota de aire y realizar la inflación primaria de la vejiga. Este hecho se produce entre los días 3 y 6.

La secuencia alimentaria es rotífero (entre los días 2 y 10), metanuplios de *Artemia* enriquecidos (entre los días 6 y 15), larvas de peces recién eclosionadas (entre los días 11 y 25). El destete comienza entre los días 20 y 25, y aunque se ha conseguido realizar con pienso seco, los resultados se mejoran si se utilizan pastas semihúmedas compuestas por pescado, aceites y harinas de pescado y calamar (Ortega, observación personal).



La supervivencia hasta el destete ha ido mejorando progresivamente año tras año, y en las últimas experiencias se sitúa entre un 10-15% (Ortega, datos no publicados).

Los principales problemas que afectan a la supervivencia de los juveniles de bonito atlántico se relacionan con el canibalismo y con deficiencias en las dietas, tanto en el enriquecimiento de las presas vivas como en las dietas de destete. Estos problemas son especialmente graves durante el destete y los quince días posteriores al mismo.

7.3.4. Preengorde y engorde

El crecimiento del bonito en los tanques de cultivo se muestra en la Figura 21 (SELDOTT, 2010). El engorde se ha realizado con pescado troceado, fundamentalmente sardina (*Sardina spp.*) y alacha (*Sardinella spp.*), y en menor medida jurel (*Trachurus spp.*) y caballa (*Scomber scombrus*).

Estos resultados son peores que los datos de crecimiento de bonitos salvajes encontrados por Santamaria *et al.* (2005) y por Rey *et al.* (1986). La realización de más experiencias con alimentos específicamente diseñados y en jaulas ubicadas en el mar, mejorará seguramente

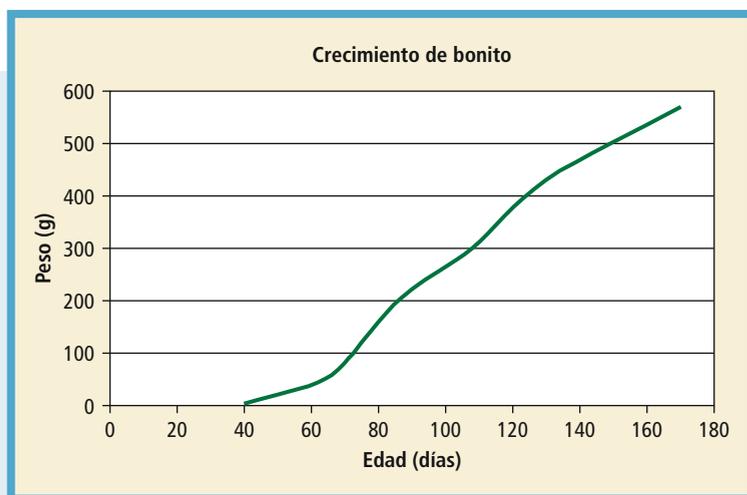


FIGURA 21.
Crecimiento de juveniles de bonito a partir de 40 DDE.



te los resultados de crecimiento obtenidos hasta ahora, asemejándolos mas a los datos existentes en la naturaleza.

7.3.5. Perspectivas de cultivo

Los dos principales problemas que existen para el cultivo industrial de esta especie son la dificultad de su manejo y la estacionalidad de su crecimiento. Con respecto al primero, el conocimiento adquirido en estos años y el mayor grado de domesticación que se logrará en los siguientes, son las bases para solucionar el problema. Y con respecto a la estacionalidad del crecimiento (que prácticamente se detiene entre diciembre y abril) las prácticas de adelanto de la época de puesta y las mejoras previsibles que se lograrán en su alimentación, pueden hacer del bonito una especie que se pueda comercializar con seis-ocho meses de engorde, evitando así los meses más fríos.

7.4. BIBLIOGRAFÍA

- ABASCAL F. J. 2004. Biología reproductiva del atún rojo, *Thunnus thynnus* (L.), en el Atlántico Oriental y Mediterráneo. Universidad de Cádiz.
- BAGLIN R. E. J.R. 1982. Reproductive biology of western Atlantic bluefin tuna. *Fish. Bull.*, 80 : 121-134.
- BELMONTE A. y de la Gándara F. 2008. El cultivo del atún rojo (*Thunnus thynnus*). *Cuadernos de Acuicultura*, Vol. 2. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, 37 pp.
- BISWAS B.K. 2009. Establishment of formulated diet for rearing juvenile bluefin tuna, *Thunnus orientalis*. PhD Thesis. Kinki University. 85pp.
- BLOCK B. A., TEO L.H., WALLI A., BOUSTANY A., STOKESBURY M.J.W., FARWELL C., WENG K. C., DEWAR H. y WILLIAMS T.D. 2005. Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, 434 : 1121-1127.
- CHASE B.C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish. Bull.*, 100: 168-180.
- COLLETTE B.B. 1986. Scombridae. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen A., y Tortonese E. (Eds.), UNESCO Bungary, UK : 981-997.
- COLLETTE B.B. y NAUEN C.E. 1983. *Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date*. *FAO Fish. Synop.*, 125(2): 137 pp.



- COLLETTE B.B., REEB C. y BLOCK B.A. 2002. Systematics of the tunas and mackerels (scombridae). En: *Tuna, physiology, ecology, and evolution*. (1). Block B.A. y Stevens E.D. (Eds.), Academic Press New York: 5-35.
- CORRIERO A., KARAKULAK F.S.; SANTAMARIA N., DEFLORIO M., SPEDICATATO D., ADDIS P., DESANTIS S., CIRILLO F., FARRUGIA A., VASSALLO-AGIUS R., DE LA SERNA J. M., ORAY I.K., CAU A., MEGALOFONOY P. y DE METRIO G. 2005. Size and age at sexual maturity of female bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) from the Mediterranean Sea. *J.Appl.Ichthyol.*, 21 : 483-486.
- CORT J.L. 2007. El enigma del atún rojo reproductor del Atlántico Nororiental. Bedia Artes Gráficas, S.C., Santander. 64 pp.
- DE LA GÁNDARA F., ORTEGA A., BELMONTE A., MYLONAS C.C., COVES D., BRIDGES C.R., PRIETO J.R. y VIGURI J. 2009. Reproducción del atún rojo *Thunnus thynnus* en jaulas flotantes obtención de puestas masivas mediante implantes hormonales. *Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid Noviembre de 2009: 542-543.
- DE LA GÁNDARA F., MYLONAS C.C., COVES D., ORTEGA A., BRIDGES C.R., BELMONTE A., VASSALLO-AGIUS R.; PAPANDROULAKIS N., ROSENFELD H., TANDLER A., MEDINA A., DE METRIO G., CORRIERO A., FAUVEL C., FALCON J., SVEINSVOLL K., GHYSEN A., DEGUARA S., y GORDIN H. (2010). *Proceedings of the Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on The 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture*. Amami (Japón). Miyashita S., Takii K., Sakamoto W. y Biswas A. (Eds.): 45-52.
- DICKSON K.A. y GRAHAM J.B. 2004. Evolution and Consequences of Endothermy in Fishes. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77(6): 998-1018.
- FAO. 1994. World review of highly migratory species and straddling stocks. *FAO Fish.Tech. Pap.* 337 : 1-75.
- FROMENTIN J.M. y POWERS J.E. 2005. Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. *Fish and Fisheries*, 6 : 281-306.
- GORDIN H. 2003. Summary of the meeting conclusions. Interdisciplinary approach to DOTT. *Cah. Options Méditerran.*, 60, 205-207.
- GORDOA A. 2009. Temporal pattern of daily cpue on the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the western mediterranean spawning area. ICCAT (SCRS 156).
- GORDOA A. OLIVAR M.P., AREVALO R., VIÑAS J., MOLI B. y ILLAS X. 2009. Determination of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) spawning time within a transport cage in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science Advance Access published August 11, 2009*. 6 pp.
- GRAHAM J.B. y DICKSON K.A. 2004. Tuna comparative physiology. *J. Exp. Biol.*, 207: 4015-4024.
- ICCAT. 2008a. Recommendation amending the recommendation by ICCAT to establish a multiannual recovery plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and Mediterranean. Madrid, International Committee for the Conservation of Atlantic Tuna, 28 pp.



- ICCAT. 2008b. Report of the 2008b. Atlantic bluefin tuna stock assessment session (SCI-003/2008). Madrid, International Committee for the Conservation of Atlantic Tuna, p. 105.
- ISHIBASHI Y. 2010. Seedling production of the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis*. *Proceedings of the Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on The 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture*. Miyashita S., Takii K., Sakamoto W. y Biswas, A. (Eds.): 71-78.
- ISHIBASHI Y., HONRYO T., SAIDA K., HAGIWARA A., MIYASHITA S., SAWADA Y., OKADA T. y KURATA M. 2009. Artificial lighting prevents high night-time mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, caused by poor scotopic vision. *Aquaculture*, 293: 157-163.
- KAJI T., KODAMA M., ARAI H., TANAKA M. y TAGAWA M. 2003. Prevention of surface death of marine fish larvae by the addition of egg white into rearing water. *Aquaculture*, 224: 313-322.
- KATAVIC I., TICINA V. y FRANICEVIC N. 2003. Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) farming on the Croatian coast of the Adriatic Sea: Present stage and future plans. *Cah. Options Méditerran.*, 60: 101-106.
- LUTCAVAGE M.E., BRILL R.W., SKOMAL G.B., CHASE B.C. y HOWEY P.W. 1999. Results of pop-up satellite tagging of spawning size class fish in the Gulf of Maine: do North Atlantic bluefin tuna spawn of the mid-Atlantic? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56 : 173-177.
- LUTCAVAGE M.E., BRILL R.W., SKOMAL G.B., CHASE B.C., GOLDSTEIN J.L. y TUTEIN J. 2000. Tracking adult North Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the northwestern Atlantic using telemetry. *Mar. Biol.*, 137: 347-358.
- MAC KENZIE B.R. y MYERS R.A. 2007. The development of the northern European fishery for north Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* during 1900-1950. *Fish. Res.*, 8(2-3): 229-239.
- MACIAS D., GÓMEZ-VIVES M.J., GARCÍA S. y ORTIZ DE URBINA J.M. 2005a Reproductive characteristics of Atlantic bonito (*Sarda sarda*) from the south western Spanish Mediterranean. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58 (2): 470-483.
- MACIAS D., LEMA L., GÓMEZ-VIVES M.J. y DE LA SERNA J.M. 2005b. Preliminary results on fecundity of Atlantic bonito (*Sarda sarda*) caught in south western Mediterranean trap. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58 (5): 1635-1645.
- MCFARLANE M.B., CRIFE D.J. y THOMPSON S.H. 2000. Larval growth and development of cultured Pacific bonito. *Journal of Fish Biology*, 57: 134-144.
- MARGULIES, D., J.M. SUTER, S.L. HUNT, R.J. OLSON, V.P. SCHOLEY, J.B. WEXLER, and A. NAKAZAWA. 2007. Spawning and early development of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Fish. Bull.*, U.S. 105: 249-265.
- MESSINA C. y SANTULLI A. 2008. Effects of slaughtering methods on stress and quality of caged bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Proceedings of the IFOAM Conference on Organic Aquaculture*, Cattolica, Italy, 18-20 June.



- MYLONAS C.C., BRIDGES C.R., GORDIN H., BELMONTE A., GARCIA-GOMEZ A., DE LA GÁNDARA F., FAUVEL C., SUQUET M., MEDINA A., PAPADAKI M., HEINISCH G., DE METRIO G., CORRIERO A., VASSALLO-AGIUS R., GUZMAN J.M., MAÑANOS E. y ZOHAR Y. 2007. Preparation and administration of gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRH α) implants for the artificial control of reproductive maturation in captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Science*, 15(3) : 183-210.
- MYLONAS C.C., DE LA GÁNDARA F., CORRIERO A. y BELMONTE RIOS, A. 2010. Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Farming and Fattening in the Mediterranean Sea. *Reviews in Fisheries Science*, 18(3): 266-280.
- NORITA T. 2003. Feeding of bluefin tuna: Experiences in Japan and Spain. *Cah. Options Méditerran.*, 60: 153-156.
- ORTEGA, A. y GÁNDARA F. DE LA (2007a). Spawning of bonito in captivity. *Proceedings of the EAS 2007 Istanbul (Turkey)*: 403-404.
- ORTEGA, A. y DE LA GÁNDARA F. (2007b). Desarrollo embrionario y crecimiento larvario de Bonito Atlántico, *Sarda sarda*, nacido en cautividad. *XI Congreso Nacional de Acuicultura*, 815-818.
- ORTEGA A. y DE LA GÁNDARA F. 2008. Effect of temperature on embryonic development of Atlantic bonito, *Sarda sarda*. *Proceedings of the EAS 2008 Krakow (Poland)*. 490-491.
- ORTEGA A., VIGURI J., BELMONTE A. y DE LA GÁNDARA F. 2009. Resultados preliminares de los 30 primeros días de cultivo larvario de atún rojo *Thunnus thynnus*, en el IEO. *Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid Noviembre de 2009: 584-585.
- ORTEGA A. y MOURENTE G. 2010. Comparison of the lipid profiles from wild caught eggs and unfed larvae of two scombroid fish: northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L., 1758) and Atlantic bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793). *Fish Physiol. Biochem.*, 36(3): 461-47.
- OTTOLINGHI F., SILVESTRI C., GIORDANO P., LOVATELLI A. y NEW M.B. 2004. Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. FAO, Rome. 308 pp.
- OTTOLINGHI F. 2008. Capture-based aquaculture of bluefin tuna, pp. 169-182. En: *Capture-Based Aquaculture*, (Lovatelli, A., and P. F. Holthus, Eds.). Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 508 pp.
- REY J.C., ALOT E. y RAMOS A. 1984. Sinopsis biológica del bonito, *Sarda sarda* (Bloch), del Mediterráneo y Atlántico Este. *ICCAT, Coll. Vol. Sci. Pap.* 20(2): 469-502.
- REY J.C., ALOT E. y RAMOS A. 1986. Growth of the Atlantic bonito, *Sarda sarda* (Bloch) in the Atlantic and Mediterranean area of the Strait of Gibraltar. *Inv. Pesq.*, 50(2): 179-185.
- ROOKER J.R., ALVARADO J.R., BLOCK B.A., DEWAR H., DE METRIO G., CORRIERO A. KRAUS R.T., PRINCE E.D., RODRIGUEZ-MARIN E. y SECOR D.H. 2007. Life History and Stock

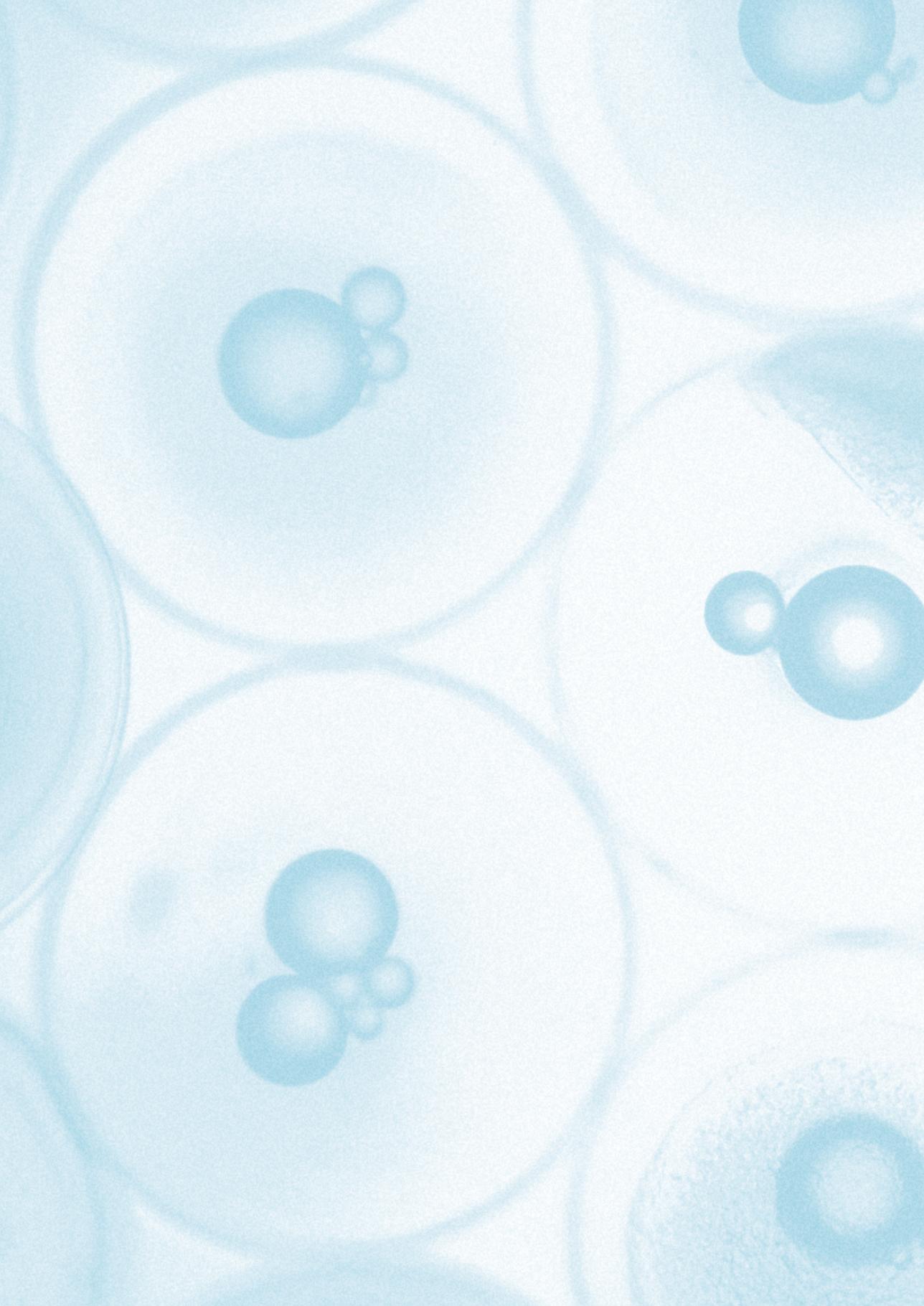


- Structure of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Sciences*, 15 : 265-310.
- SANTAMARÍA N., DEFLORIO M. y DE METRIO G. 2005. Preliminary study on age and growth of juveniles of *Sarda sarda*, Bloch, and *Euthynnus alletteratus*, Rafinesque, caught by clupeoids purse seine in the southern Italian seas. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58 (2): 630-643.
- SARA G. y SARA R. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *J.Appl. Ichthyol.*, 23 : 122-127.
- SAWADA Y., OKADA T., MIYASHITA S., MURATA O. y KUMAI H. 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquacult. Res.*, 36 : 413-421.
- SELFDOTT 2010. Selfdott anual report 2009. www.selfdott.org.
- SINOPOLI M., PIPITONE C., CAMPAGNUOLO S., CAMPO D., CASTRIOTA L., MOSTARDA E. y ANDALORO F. 2004. Diet of young-of-the-year bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758), in the southern Tyrrhenian (Mediterranean) Sea. *J.Appl. Ichthyol.*, 20 : 310-313.
- SMITH-VANIZ W.F. 1986. *Scombridae*. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. II. Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen A. y Tortonese E. (Eds.), UNESCO Paris: 981-997.
- SOTO F., VILLAREJO J.A., MATEO A., ROCA-DORDA J., DE LA GÁNDARA F. y GARCÍA-GÓMEZ A. 2006. Preliminary experiences in the development of bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L., 1758) electroslaughtering techniques in rearing cages. *Aquacultural Engineering*, 34(2): 83-91.
- STERGIOU K.I. y KARPOUZI V.S. 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11: 217-254.
- TYLER J.R. y SUMPTER J.P. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6: 287-318.
- VITA R., MARIN A., JIMÉNEZ-BRINQUIS B., CESAR A., MARÍN-GUIRAO L. y BORREDAT M. 2004. Aquaculture of Bluefin tuna in the Mediterranean: Evaluation of organic particulate wastes. *Aquacult. Res.*, 35: 1384-1387.
- WWF. 2005. Risk to local fish populations and ecosystems posed by the use of imported feed fish by the tuna farming industry in the Mediterranean. *Report of the WWF Mediterranean Programme*, 12 pp.
- ZOHAR Y. y MYLONAS C.C. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: From hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.

8

CULTIVO DE ESPÁRIDOS. I: EL DENTÓN





CULTIVO DE ESPÁRIDOS. I: EL DENTÓN

**Emilia Abellán Martínez
y Marta Arizcun Arizcun**

Centro Oceanográfico de Murcia.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

El dentón, *Dentex dentex* L. es un espárido carnívoro demersal que vive sobre fondos duros a profundidades entre 15 y 20 m, aunque puede llegar a los 150 m. Alcanza una talla máxima de 100 cm y un peso de hasta 12 kg. Su área de distribución comprende el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico desde el Golfo de Vizcaya hasta Senegal. Es una especie muy apreciada en la mayoría de los países mediterráneos, donde se comercializa fresco, alcanzando un elevado precio de mercado.

Las investigaciones sobre su cultivo, que se iniciaron en la década de los 80, se han llevado a cabo en diferentes países mediterráneos donde han alcanzado un cierto grado de desarrollo. Los primeros estudios, los realizaron Bini (1968) y Glamuzina *et al.* (1989), y las investigaciones llevadas a cabo en los últimos 20 años, han permitido avanzar en el desarrollo de la metodología de su cultivo.

Dentex dentex es una especie gonocórica con sexos separados y bisexualidad juvenil que en la naturaleza se reproduce entre abril y junio. Los reproductores proceden de juveniles o adultos capturados en el medio natural y de ejemplares nacidos en cautividad. Las puestas espontáneas en cautividad tienen lugar diariamente entre finales de febrero y finales de junio (15-25 °C) alcanzado un máximo en mayo (17,5-23,5 °C). Por modificaciones de termo y fotoperiodo se pueden conseguir puestas de calidad durante gran parte del año (9 meses). La



fecundidad relativa se estima entre $0,6 \times 10^6 - 1,5 \times 10^6$ huevos/kg. La calidad de la puesta varía a lo largo de la estación de reproducción, alcanzando el porcentaje de huevos viables valores superiores al 90%.

La fase de cultivo larvario, especialmente en sistemas intensivos, presenta una serie de problemas, tales como falta de homogeneidad en el crecimiento y elevadas mortalidades debidas fundamentalmente al canibalismo, problemas nutricionales y diferentes patologías, siendo las supervivencias inferiores al 10% a los 30 días de edad. El cultivo semiintensivo mejora los resultados, consiguiéndose tasas más altas de supervivencia (43-45% a los 19 días y 21,7% a los 57 días), y mejor crecimiento y calidad de larvas y alevines.

Los primeros estudios sobre preengorde y engorde se realizaron utilizando como alimento pienso semihúmedo y piensos granulados diseñados para otras especies, con resultados prometedores en cuanto a crecimiento. Se han llevado a cabo varios estudios de nutrición (necesidades proteicas, relación óptima proteína/energía, etc.) y se ha avanzado en la formulación de piensos específicos, sobre todo en la fase de preengorde. Los resultados de estas investigaciones indican la necesidad de un alto porcentaje de proteína (43-59%), aunque este nivel proteico parece que puede reducirse hasta un 38-45% en dietas que incluyan niveles mas elevados de lípidos o carbohidratos que sustituyan parcialmente a las proteínas, sin efecto negativo en crecimiento y utilización del alimento.

Las elevadas mortalidades encontradas en las fases de cultivo larvario y preengorde, han impedido la incorporación de esta especie al sector productivo. Actualmente, los avances conseguidos en la tecnología de cultivo de dentón, que han mejorado sensiblemente los porcentajes de supervivencia y la calidad de las larvas, permiten situar al dentón en una posición más favorable para su producción a nivel industrial.

Palabras clave: Nuevas especies, *Dentex dentex*, dentón, reproducción, cultivo larvario, alimentación, patología, producción.

Abstract

The common dentex, Dentex dentex L. is a demersal carnivorous sparid living on hard bottoms at depths of between 15 and 20 m, although it may



reach 150m. It may reach a maximum length of 100 cm and a weight of 12 kg. Its area of distribution includes the Mediterranean and Atlantic Ocean, from the Gulf of Biscay to Senegal. This species is highly valued in most Mediterranean countries, where it is marketed fresh, reaching a high market price.

Research on its culture, which started in the 80's, has been carried out in different Mediterranean countries where they have reached a certain level of development. Early studies were conducted by Bini (1968) and Glamuzina et al. (1989) and investigations in the late 20 years have led to progress in the development of its culture.

Dentex dentex is a gonochoristic species with separate sexes and juvenile bisexuality. Reproduction in the wild takes place from April to June. The broodstock come from juveniles or adults caught in the wild and individuals born in captivity. Spontaneous spawning in captivity takes place daily between late February and late June (15-25 °C) reaching a peak in May (17.5 to 23.5 °C). Modifying thermo and photoperiod, good quality spawnings can be obtained during much of the year (9 months). Relative fecundity is estimated at between 0.6×10^6 – 1.5×10^6 eggs/kg. The quality of spawning varies throughout the breeding season reaching values higher than 90%.

The larval stage culture, especially in intensive systems, presents a series of problems such as lack of homogeneity in growth and high mortality due mainly to cannibalism, nutritional and pathological problems, and as a result survival rate is less than 10% at 30 days old. Semi-intensive technology improves results for survival rates (43-45% a 19 days), growth and quality of larvae and fry.

The first studies on growth were made using fresh diets, semi-moist feed, dry pellet and extruded commercial feeds designed for other fish species, with good growth results. Some studies have been carried out to determine the basic nutritional requirements of common dentex (protein requirements, optimum ratio protein/energy etc.) which has led to advance in specific feed formulation, especially for the nursery phase. The results of these investigations indicate the need for a high content of protein (43-59%), although the protein level does appear to be reduced to a (38-45%) in diets that include higher levels of lipid and /or carbohydrates which partially replace protein without negative effect on growth and feed utilization.

The high mortality found in larval stages and nursery, have prevented the incorporation of this species to the productive sector. Currently, developments



in culture technology have significantly improved survival rates and quality of the larvae, placing common dentex in a better position for large scale production.

8.1. INTRODUCCIÓN

Nombre común: Dentón

Nombre científico: *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758)

Nombres oficiales FAO:

- Inglés: Common dentex.
- Francés: Denté commun.
- Español: Dentón común.

Sinónimos científicos:

- *Dentex vulgaris* (Valenciennes, 1830)
- *Sparus dentex* (Linnaeus, 1758)

Sistemática:

- Orden: Perciformes
- Familia: Sparidae

8.1.1. Características de la especie

8.1.1.1. Morfología

El dentón (Figura 1) tiene el cuerpo ovalado, bastante elevado y comprimido, con el perfil de la cabeza casi rectilíneo en los jóvenes y regularmente redondeado en adultos, y ligera gibosidad frontal en individuos de mayor tamaño. El ojo es pequeño y el espacio suborbital amplio; las mejillas y el preopérculo son escamosos, excepto sobre su borde posterior. La boca es grande, baja, poco inclinada y posee numerosas filas de dientes coniformes, siendo la fila externa mucho más fuerte, con 4-6 dientes anteriores muy desarrollados en cada mandíbula. Presenta 9-10 branquiespinas inferiores y 8-9 superiores sobre el primer arco branquial. La aleta dorsal tiene 11 radios espinosos de longitud creciente hasta el cuarto o quinto, a partir del cual decrecen gradualmente, y 11-12 radios blandos; la anal tiene tres

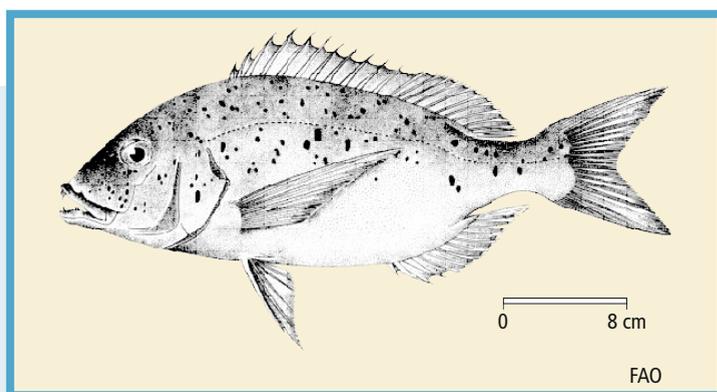


FIGURA 1.

Dentón (*Dentex dentex*). Fuente: www.fishbase.org.

radios espinosos y 7-9 radios blandos. La línea lateral presenta 62-68 escamas hasta la base caudal.

Cuando son jóvenes su coloración es grisácea con manchas negras sobre la mitad dorsal, más o menos difusas dependiendo de la edad. Cuando alcanzan la madurez su color pasa a ser rosáceo, siendo el color de los individuos de más edad gris azulado. Ciertos individuos presentan un colorido amarillo detrás de la boca y sobre el opérculo.

8.1.1.2. Distribución geográfica y hábitat

Su área de distribución geográfica (Figura 2) comprende el Mediterráneo, principalmente al sur de la latitud 40 °N (España y N. de África); el Mar Negro (escaso); el Océano Atlántico, desde el Golfo de Vizcaya hasta Senegal, y excepcionalmente se encuentra en las Islas Británicas (Bauchot y Hureau, 1986).

Son peces demersales que habitan aguas costeras con fondos rocosos duros de hasta 150-200 m, aunque es más común encontrarlos entre 15 y 50 m. Los jóvenes son gregarios (Fischer *et al.*, 1987) y permanecen durante el verano y otoño sobre fondos superficiales (0-20 m), en praderas de *Posidonia oceánica*, preferentemente en los límites con rocas y fondos sueltos (Ramos-Esplá y Bayle-Sempere, 1991); también se ha observado en fondos arenosos con *Caulerpa* y *Cymodocea*. Los adultos, solitarios, están presentes durante todo el

FIGURA 2. Distribución del dentón (*Dentex dentex*). El gradiente rojo-amarillo indica la mayor-menor presencia. Fuente: (<http://www.fishbase.org>).



año a profundidades menores de 50 m, aunque en invierno dicha presencia disminuye.

8.1.1.3. Alimentación

Son carnívoros estrictos que se alimentan de peces de la zona costera y, accidentalmente, de moluscos cefalópodos y vegetales. Los individuos más pequeños capturan especies procedentes de las praderas de *Posidonia oceánica* (espáridos, cupleidos, gádidos y más frecuentemente lábridos) y los ejemplares mayores se alimentan de espáridos, anchoas, caramél y cefalópodos (Morales-Nin y Moranta, 1997). En las costas de Túnez, se alimentan fundamentalmente, en los meses de abril-mayo, de juveniles de peces (66%) y crustáceos (30%) y accidentalmente de cefalópodos y vegetales (Abdelkader y Ktari, 1985).

8.1.1.4. Reproducción

No hay acuerdo entre diferentes autores que clasifican al dentón como especie gonocórica con sexos separados (D'Ancona, 1949; Riera *et al.*, 1993; Morales-Nin y Moranta, 1997; Abellan, 2000; Pavlidis *et al.*, 2000; Loir *et al.*, 2001), como hermafrodita proterándrica (Bini, 1968; Glamuzina *et al.*, 1989, Méndez *et al.*, 1995), o como gonocórica con casos de hermafroditismo (Tortonese, 1975; Bauchot y Hureau, 1986; Fischer *et al.*, 1987). Otros estudios (Grau *et al.*, 2001) indican que en el medio natural todos los ejemplares adultos tienen



sexos separados, observándose casos de hermafroditismo y gónadas indiferenciadas en peces inmaduros. Se confirma, por tanto, el modelo sexual que presentan los peces criados en cautividad, siendo el dentón una especie gonocórica con algunos casos de bisexualidad juvenil. Esta conclusión está de acuerdo con los datos aportados anteriormente por Frau (1964) que indican que en *Dentex dentex* sólo una parte de los ejemplares experimentan una fase transitoria de hermafroditismo y no existe dimorfismo sexual.

La reproducción tiene lugar en la naturaleza desde marzo-abril hasta junio-julio (Lo Bianco, 1909; Bini, 1968, Fischer et al., 1987, Morales-Nin y Moranta, 1997, Abellán, E. 2000a). El índice gonadosomático (IGS) alcanza su valor máximo en mayo, época que corresponde con la mayor intensidad de la freza, mientras que los valores mas bajos, e inferiores a 1, se corresponden con la atresia ovocitaria (Abellán, 2000). En la Figura 3 se puede observar la evolución del IGS de machos y hembras procedentes de pescas comerciales del Mediterráneo (costa de Alicante) entre febrero de 1993 y junio de 1995.

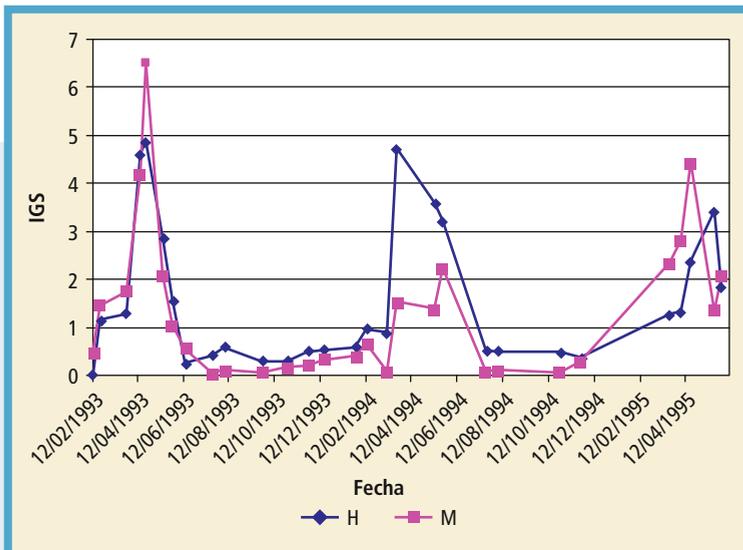


FIGURA 3.

Evolución del índice gonadosomático en ejemplares de dentón procedentes del medio natural.



La diferenciación sexual tiene lugar cuando alcanzan un peso de unos 70 g y una talla de 18-19 cm, a la edad aproximada de 8 meses (Abellán, 2000; Grau *et al.*, 2001) y la primera maduración sexual ocurre entre la segunda y cuarta clase de edad, siendo la relación machos/hembras de aproximadamente 1 (Morales-Nin y Moranta, 1997). La talla a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual (abril-junio) corresponde a 34,6 cm en las hembras y 52,2 cm en los machos (Morales-Nin y Moranta, 1997).

8.1.1.5. Crecimiento

Es una especie longeva y de crecimiento lento que puede alcanzar una talla máxima de 100 cm, aunque los ejemplares capturados normalmente no sobrepasan los 50 cm (usualmente están entre 35-50 cm). Su peso máximo es de 12 kg (Fischer *et al.*, 1987).

Existe un amplio rango de edades en la población natural de dentón (0-20 años), con predominio de las clases de edad 1 a 12 en las capturas (Morales-Nin y Moranta, 1997). La edad máxima observada por estos autores es de 20 años aunque, excepcionalmente, encontraron una hembra de 28 años con una talla de 78 cm. El crecimiento es rápido en los 2 primeros años, alcanzándose el 31% de la talla máxima en el primer año, siendo la talla estimada para ejemplares de 1 año de 24,1 cm (Morales-Nin y Moranta, 1997).

La relación talla/peso es similar en ambos sexos (Morales-Nin y Moranta, 1997) y, de acuerdo con nuestros datos, en el medio natural esta relación se ajusta a una curva potencial de ecuación $y = 0,016x^{2,9489}$ ($R^2 = 0,9952$) (Figura 4).

8.1.2. Producción, mercado actual y potencial

El dentón se encuentra normalmente en los mercados de España, Italia, Grecia, Turquía, Chipre, Túnez etc., donde se comercializa fresco o congelado, alcanzando por la calidad de su carne un elevado precio, (Abellán y Basurco, 1999; Abellán, 2000; Pavlidis *et al.*, 2000; Loir *et al.*, 2001). Es objeto de pesca artesanal y deportiva y los ejemplares de tamaño mediano se capturan principalmente por medio de palanques de fondo, durante la época invernal, y curricán de fondo desde la primavera al otoño. Los juveniles se pescan con trasmallo en verano y

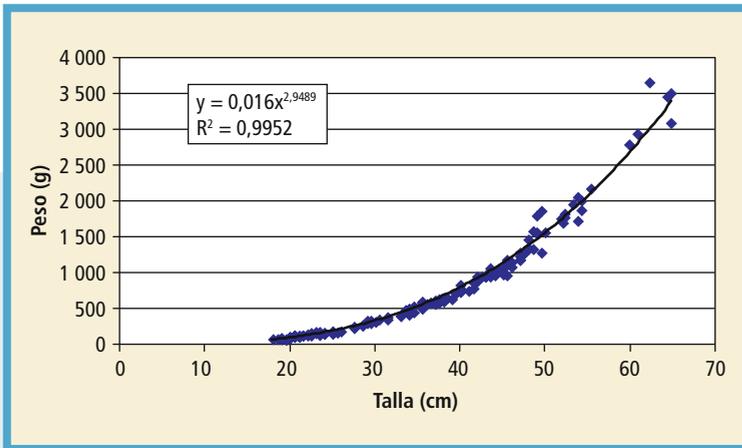


FIGURA 4.

Relación talla/peso en ejemplares procedentes del medio natural.

curricán de superficie a principios de otoño, utilizándose también otros artes de pesca como morunas, arrastre, nasas etc. (Bayle-Sempere *et al.*, 1991).

La abundancia de esta especie en aguas costeras puede experimentar marcadas variaciones periódicas, dependiendo del área y época, fluctuando por tanto las capturas de año en año. En la Figura 5 se puede observar la evolución de las capturas mundiales y en diferentes países mediterráneos.

En el Mediterráneo español, es más abundante en las islas Baleares y en el sureste entre Cabo de Gata y Cabo de Palos (Bayle-Sempere *et al.*, 1991). El incremento de las capturas en diferentes Comunidades Autónomas (Figura 6) sugiere un aumento de la pesca debido a una mayor demanda. Esto, unido a su facilidad de reproducción en cautividad, altas tasas de crecimiento, elevado valor comercial etc. hace de esta especie una buena candidata para la acuicultura con buenas perspectivas de futuro (Abellán y Basurco, 1999).

Los estudios encaminados a desarrollar técnicas adecuadas de cultivo se iniciaron en la década de los 80 y hasta ahora la producción de dentón ha sido muy escasa, reduciéndose a pequeñas cantidades asociadas a criaderos mediterráneos dedicados a dorada y lubina

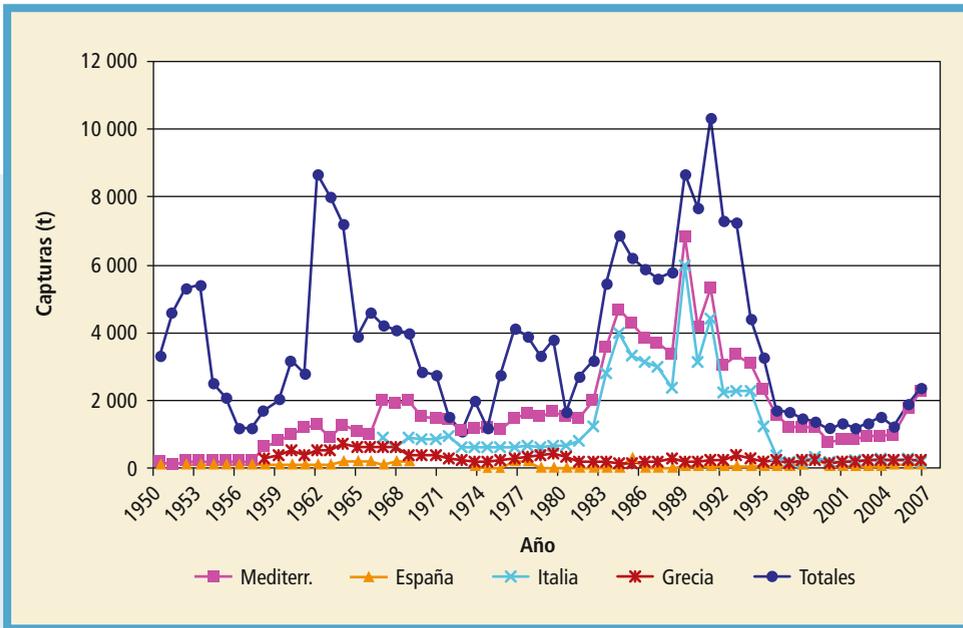


FIGURA 5.

Evolución de las capturas de dentón. Fuente FAO (2010a, 2010b).

(Grecia, Italia, Croacia, etc.). De acuerdo con las estadísticas de la FAO, que contemplan producciones en acuicultura desde 2006 hasta 2008, las cantidades máximas conseguidas fueron 20 toneladas en los años 2002 y 2003 (FAO, 2010a). En España no existe actualmente producción procedente de la acuicultura y los precios en lonja, de ejemplares procedentes de pesca extractiva, están comprendidos entre 16 y 25 €/kg.

8.2. REPRODUCCIÓN Y PUESTA EN CAUTIVIDAD

8.2.1. Origen y mantenimiento de reproductores

Los reproductores se pueden obtener del medio natural capturando alevines, juveniles o adultos mediante diferentes técnicas de pesca. El traslado al laboratorio debe hacerse en tanques oxigenados y con

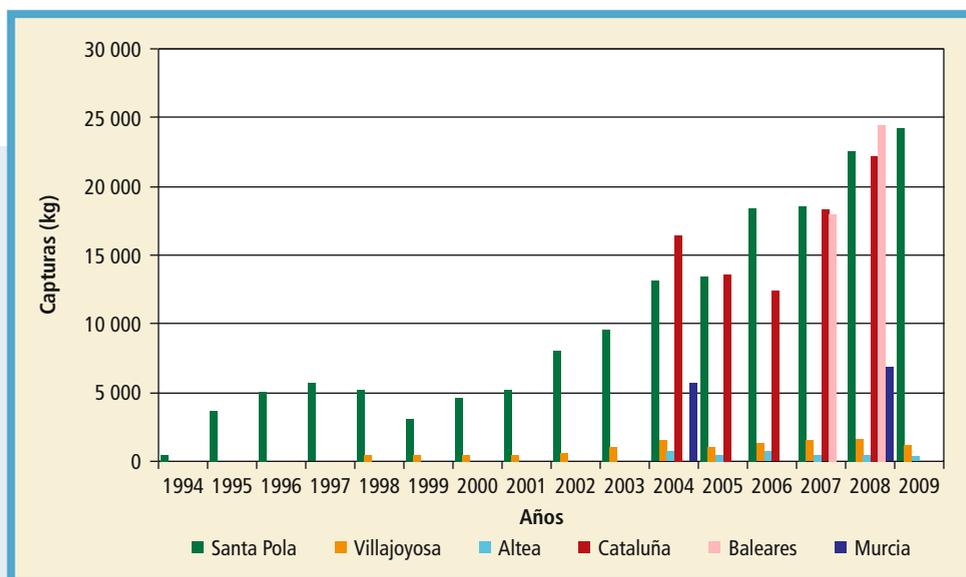


FIGURA 6.

Datos de capturas de dentón en España. Fuente: CCAA y Cofradías de pescadores.

anestesia, y es aconsejable aplicar tratamientos profilácticos antes de su estabulación. Una vez cerrado el ciclo, como es el caso del dentón, también pueden proceder de alevines nacidos en cautividad.

Los reproductores procedentes de juveniles salvajes, se adaptan muy bien a la cautividad y se estabulan en tanques circulares de fibra de vidrio o rectangulares de hormigón de volúmenes variables (10-100 m³) a densidades entre 3-10 kg/m³ (Abellán, 2000; Pavlidis *et al.*, 2000). También pueden mantenerse en jaulas y transferirlos a tanques en tierra 4-6 semanas antes de la puesta. Requieren una buena aireación y una renovación mínima de agua del 10% del volumen tanque/hora durante la puesta; fuera de esta época y con objeto de evitar problemas de parasitismo, la renovación se mantiene entre 100 y 150% del volumen tanque/hora. Las condiciones de salinidad, temperatura y fotoperiodo son las naturales, en el caso de que se quieran conseguir puestas espontáneas. Cuando se quiere desplazar la puesta, se mantienen en unidades aisladas con control de temperatu-

ra y fotoperiodo. Con el fin de conseguir una mayor variabilidad genética y mejor calidad de puestas es conveniente reemplazar anualmente un porcentaje de reproductores con animales silvestres.

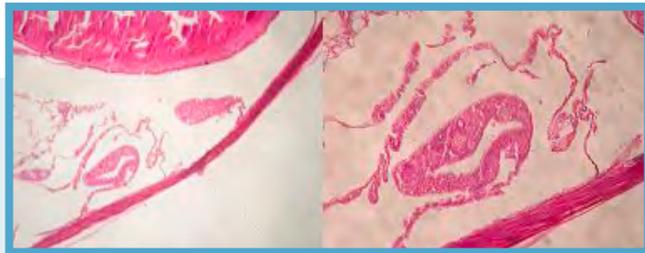
8.2.2. Sexualidad del dentón en cautividad. Categorías sexuales

Como se ha explicado anteriormente, el dentón es una especie gonocórica con sexos separados, aunque hay discrepancia entre los autores acerca de si el gonocorismo es estricto (Riera *et al.*, 1993; Pavlidis *et al.*, 2000; Loir *et al.*, 2001) o si se da un hermafroditismo o bisexualidad juvenil en ciertos casos (Grau *et al.*, 2001; Abellán y Arizcun, datos sin publicar). Todos estos autores han estudiado la sexualidad de ejemplares cultivados mediante observación de cortes histológicos de gónadas, registrando la evolución de la proporción de peces con gónadas indiferenciadas, masculinas, femeninas y bisexuales en diferentes clases de edad y de talla.

En las instalaciones de la Planta de cultivos de Mazarrón, se examinaron las gónadas de 181 ejemplares y se estudió la evolución de la sexualidad en cautividad del dentón hasta los 25,5 meses de edad, observándose los primordios gonadales por primera vez a los 72 días (Figura 7).

El 100% de las gónadas resultaron indiferenciadas hasta los 6,5 meses de edad y, a partir de este momento, fue disminuyendo el porcentaje apareciendo los últimos casos en peces de 17,5 meses. Las primeras gónadas bisexuales se encuentran a los 7,5 (datos sin publicar) (Figura 8) o 9 meses (Grau *et al.*, 2001), y se mantienen, aunque en baja proporción, hasta los 18 (Grau *et al.*, 2001) o los 22 meses (datos sin publicar).

FIGURA 7.
Primordios gonadales en juveniles de dentón de 72 días (Foto: S. García-Alcázar).



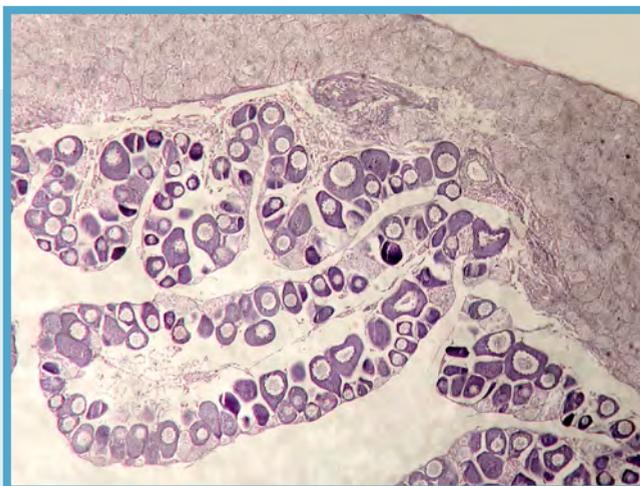


FIGURA 8.
Gónada hermafrodita
de dentón de 15 meses
(Foto: S. García-Alcázar).

Una vez superados los 2 años de edad, todas las gónadas están claramente diferenciadas, predominando las hembras sobre los machos. En la Figura 9 se puede observar la evolución del porcentaje de las diferentes categorías sexuales de machos (M), hembras (H), bisexuales (M-H) e indiferenciados (I) por edades.

De la información obtenida se deduce que el dentón es una especie gonocórica con algunos casos de bisexualidad juvenil. Estos resultados concuerdan con los aportados por Grau *et al.* (2001) que concluyen que la especie presenta un gonocorismo tardío, no tratándose de una especie gonocórica estricta, tal como señalan Pavlidis *et al.* (2000) y Loir *et al.* (2001). Estos autores realizaron un estudio detallado de la gametogénesis en machos y hembras de dentón, y entre los peces de hasta cuatro años de edad estudiados (448 ejemplares) no observaron ni gónadas bisexuales ni tampoco rastro que indicara inversión sexual. Estos resultados contrastan con los de Glamuzina *et al.* (1989) que apuntan a la existencia de un hermafroditismo proterándrico.

De acuerdo con nuestras observaciones, la sex ratio (relación machos/hembras) varía en función de la edad. En la mayoría de edades y clases de talla la proporción de hembras fue mayor; superados los dos años de edad esta relación, en condiciones de cautividad, fue

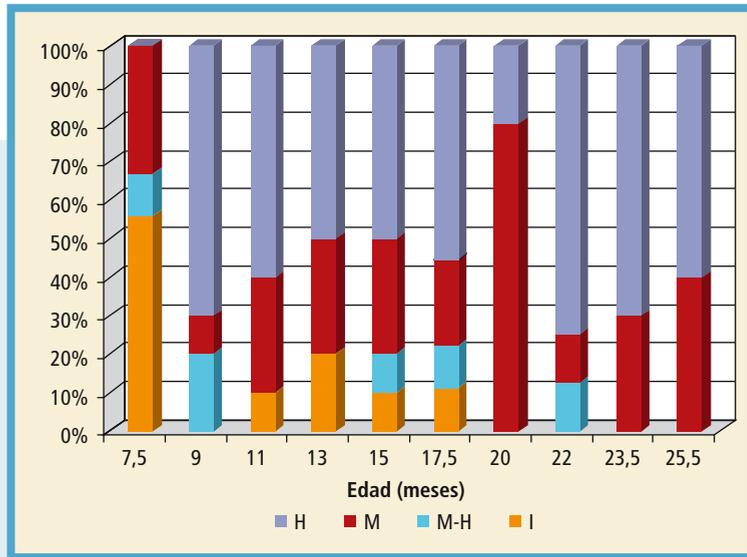


FIGURA 9.
Evolución de la proporción de sexos por edades (meses) en el dentón en cautividad.

1/1,5 y en el conjunto de los ejemplares muestreados la sex/ratio fue de 1 macho/1,58 hembras (datos sin publicar).

Grau *et al.* (2001), encuentran una sex ratio de aproximadamente 1:1 a los dos años y de 1:1,2 a los tres años. Pavlidis *et al.* (2000) dan una frecuencia relativa de sexos del 50% (sex ratio 1:1 que puede variar con la edad). Loir *et al.* (2001) apuntan que varía en función de la edad y época de muestreo, oscilando entre 0,43:1 y 4:1, e indican que existe una desviación de la sex ratio frente a la esperada de 1:1, a favor de los machos, a las edades de 16, 18 y 20 meses. En peces de 20-22 meses encuentran una proporción macho/hembra de 1:1.

8.2.3. Diferenciación sexual. Maduración en cautividad

A los 72 días las gónadas todavía no están diferenciadas, observándose por primera vez gónadas diferenciadas en ejemplares entre los 6 meses (ovarios en el 57%) (Grau *et al.*, 2001) y los 7,5 meses de edad y 114 g de peso medio (datos sin publicar). Pavlidis *et al.* (2000) y Loir



et al. (2001) observaron la primera diferenciación sexual entre los 5 y 12 meses de edad.

El dentón alcanza la maduración sexual y se reproduce por primera vez a los dos años (Riera *et al.*, 1993; Pastor *et al.*, 1995; Abellán *et al.*, 1997; Grau *et al.*, 2001). Las hembras y machos mayores de un año maduran casi simultáneamente y todos los machos de 2 años producen esperma (Loir *et al.*, 2001).

De acuerdo con los estudios realizados por Pavlidis *et al.* (2000), el ciclo reproductor de las hembras comprende un largo periodo de descanso, uno corto de maduración y prepuesta, y el periodo de reproducción. En la época de descanso (junio-enero), después del periodo de puesta y hasta el siguiente mes de enero todas las hembras están en previtelogénesis, los ovarios contienen principalmente ovocitos en la primera fase de crecimiento y algunos machos reanudan gradualmente la actividad espermatogénica (octubre-diciembre). En la segunda fase, durante febrero-marzo, aumenta la actividad gametogénica, distinguiéndose en los ovarios ovocitos en la fase de alvéolos corticales y vitelogénesis y los testículos contienen espermátidas y espermatozoides; este periodo está caracterizado por un incremento en el peso de las gónadas y en el IGS que alcanza un pico en mayo y desciende bruscamente a partir de junio.

Durante el periodo de puesta la mayoría de los machos son fluentes, mientras el porcentaje de hembras maduras está en función de la edad: 30-70% las de dos años, 50-80% las de tres años y 70 a 100% las de más de tres años (Pavlidis *et al.*, 2000). Loir *et al.* (2001) indican que el porcentaje de hembras maduras en el segundo, tercer y cuarto año es de 67, 100 y 100% respectivamente y detectaron hembras sexualmente maduras a una talla mínima de 21 cm (longitud estándar). En general, los machos comienzan la espermiación dos meses antes del periodo de puesta de las hembras.

8.2.4. Puesta e incubación

La maduración de los gametos en cautividad se produce de manera espontánea y asincrónica, y las puestas son secuenciales y naturales en tanques sin control de temperatura ni fotoperiodo, y sin necesidad de tratamiento hormonal. El dentón es, por tanto, un ponedor con puestas

tas múltiples que tienen lugar diariamente, al atardecer y a primeras horas de la mañana, durante un período comprendido entre finales de febrero- primeros de marzo y finales de junio a temperaturas comprendidas entre 15 y 25 °C, correspondiendo la mayor intensidad a mes de mayo a 17,5-23,5 °C (Pastor *et al.*, 1995; Méndez *et al.*, 1995; Abellán *et al.*, 1997). En la Figura 10, se puede observar la evolución de las puestas durante el periodo de reproducción en el Centro Oceanográfico de Murcia del IEO.

Los huevos son pelágicos, flotantes y transparentes, y se recogen en el rebosadero del tanque con redes de plancton de 500 µm. Tienen un diámetro medio comprendido entre 958 ± 7 µm (Glamuzina *et al.*, 1989) y 1 089 ± 19 µm (Abellán *et al.*, 1997), observándose una disminución del tamaño al ir avanzando la estación de reproducción y al ir aumentando la temperatura. Los huevos no fecundados van al

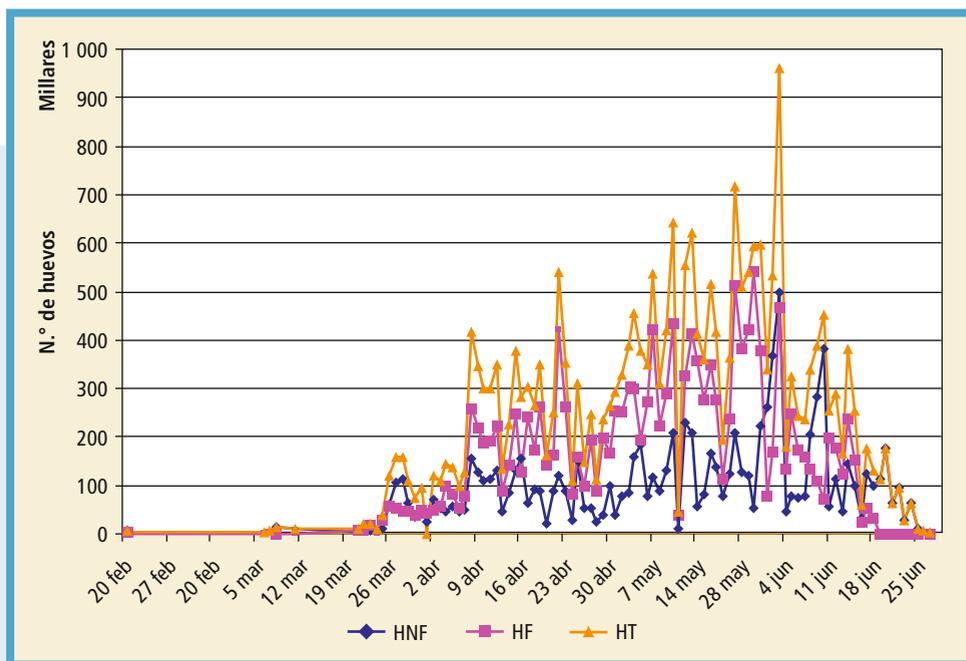


FIGURA 10.

Evolución de las puestas de dentón en cautividad (CO de Murcia).



fondo del tanque y los fecundados flotan permaneciendo en la superficie del agua.

La fecundidad se ha estimado en 760 000 huevos/kg en hembras de 807 ± 45 g de peso medio, y en 1 500 000 huevos/kg en hembras de $1\ 600 \pm 69$ g de peso medio (Abellán *et al.* 1997). Loir *et al.* (2001) estiman fecundidades relativas anuales, calculadas a partir de huevos recogidos, de 600 000-700 000 huevos/kg, mientras que la fecundidad calculada a partir de ovocitos hidratados varió entre 30 705 y 631 213 (media 177 701) huevos por hembra lo que corresponde a la fecundidad relativa de 32 000-393 000 (media: 167 648) huevos por kilo de peso corporal. Riera *et al.* (1993) estiman que una hembra de 1,4 kg pone ininterrumpidamente durante dos meses entre 20 000 y 35 000 huevos/día. Estas fecundidades son muy superiores a las dadas por Glamuzina *et al.* (1989) de 97 000 huevos/kg en hembras de 600-800 g que han sido inducidas hormonalmente.

Se obtienen puestas de calidad tanto si la relación macho/hembra es de 1 (Abellán *et al.*, 1997; Pavlidis *et al.*, 2000), como si es 1,39 (Pastor *et al.*, 1995). Pavlidis *et al.* (2004), ensayaron diferentes sex ratios (4:1, 1:1 y 1:4) y los resultados confirman que esta relación influye en la eficacia de la puesta de manera que los mejores resultados en cantidad de huevos, porcentaje de huevos viables, número de puestas, índice de puestas y fecundidad relativa se observaron en el grupo de sex ratio 1:1.

Los huevos fecundados se trasladan a incubadores cilindrocónicos de 0,5 o 1 m³ de capacidad con renovación continua de agua y aireación suave, o bien se pueden disponer los huevos directamente en tanques de cultivo larvario evitando el traslado de las larvas recién nacidas desde los incubadores a los tanques.

La densidad de huevos en el incubador puede ser de hasta 10 000 huevos por litro, mientras que en los tanques de cultivo la densidad de siembra varía entre 30-50 huevos/l (Abellán *et al.*, 1997) y 120 huevos/l (Pastor *et al.*, 1997). La duración de la incubación depende de la temperatura del agua, que suele ser la misma de la puesta. El desarrollo embrionario ha sido descrito por varios autores y tiene una duración de 79 h 10 m-81 h 5 m a una temperatura de 17 °C (Glamuzina *et al.* 1989, Jug-Dujakovic *et al.* 1995). Pastor *et al.* (1997)



establecieron el periodo de incubación y la duración del desarrollo embrionario a 17,6 °C en 55 h 20 m. Las tasas de viabilidad son elevadas durante casi todo el período de puesta, siendo el porcentaje de huevo viable medio del 62%, con un máximo superior al 90% en mayo, y un mínimo del 30% al inicio y final de la época de puesta (Abellán *et al.* 1997). Pastor *et al.* (1997) obtuvieron elevadas tasas de viabilidad (>80%), eclosión (>90%), supervivencia (>70%) y fertilidad (≈80%).

Estudios realizados por Giménez *et al.* (2006) indican que en la calidad de las puestas no influyen los contenidos y clases de lípidos ni la composición en ácidos grasos de los huevos. Sin embargo, relacionan las puestas de más calidad con un contenido mas elevado en lípidos neutros, y asocian las puestas de peor calidad con mayores niveles de carbohidratos y altas actividades de fosfatasa alcalina y piruvato kinasa.

8.2.5. Control de puestas

Una de las bases para el cultivo intensivo de cualquier especie es la posibilidad de controlar la reproducción con el fin de asegurar un aprovisionamiento constante de huevos y alevines de calidad.

En dentón, utilizando técnicas de inducción hormonal (Pavlidis *et al.*, 2001) mediante implantes de GnRH α , se consigue sincronizar las puestas e incrementar, hasta 10 veces, la producción de gametos. También es posible adelantar, retrasar y ampliar el periodo de puesta, mediante controles ambientales de termo y fotoperiodo sin necesidad de inducción hormonal. Concretamente, Pavlidis *et al.* (2001) consiguieron que reproductores de dentón sometidos a temperatura constante (19,4 °C \pm 0.9) y a fotoperiodo adelantado y retrasado de tres meses, pusieran cuatro meses antes y dos meses después que el control, respectivamente, lo que permitió obtener huevos viables durante un periodo de nueve meses (de diciembre a agosto).

8.2.6. Dieta de los reproductores

Para la alimentación de los reproductores se emplea pescado de bajo valor comercial (boga, caramel etc.) y piensos comerciales formulados para reproductores de otras especies cultivadas. Con objeto de



mejorar la calidad de las puestas, una o dos veces a la semana se les suministra calamar, cangrejo etc. (sobre todo 1 o 2 meses antes del periodo de reproducción).

La dieta de los reproductores influye en el desarrollo gonadal y en la fecundidad y, por consiguiente, en la viabilidad del huevo y en la supervivencia de las larvas (Bromage *et al.*, 1992; Izquierdo *et al.*, 2001). Abellán *et al.* (2007) ensayaron tres tipos de dietas para reproductores de dentón: (1) pienso comercial de engorde, (2) pienso especial para reproductores y (3) dieta húmeda a base de pescado y calamar; observaron el efecto de estas dietas sobre el número de huevos obtenidos, la fecundidad de las hembras y la viabilidad de los huevos (Tabla I). La viabilidad media de las puestas fue de 0,94%, 45,2% y 44,1% en los reproductores alimentados con la dieta 1, dieta 2 y dieta 3 respectivamente. Los niveles más elevados de n3 HUFA y DHA en las dietas 2 y 3 se asocian con una mayor fecundidad de las hembras y una mejor calidad de la puesta. Resultados similares se han obtenido en halibut, dorada y otras especies (Mazorra *et al.*, 2003; Fernández-Palacios *et al.*, 1995; Watanabe y Vasallo-Agius, 2003). Una mayor relación DHA/EPA en las dietas 2 y 3 da como resultado una mejor calidad de la puesta. Sargent *et al.* (1995) proponen como relación DHA/EPA óptima 2:1. Posiblemente la relación superior a 2 (2,8) correspondiente a la dieta 3 explique la menor fecundidad y viabilidad del huevo tal como sugieren Mazorra *et al.* (2003).

TABLA I.
Características de las puestas de dentón en los tres lotes de reproductores.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Duración	marzo-junio	enero-junio	enero-junio
Total huevos	290 × 10 ³	11 948 × 10 ³	10 170 × 10 ³
Huevos/kg	11 × 10 ³	470 × 10 ³	426 × 10 ³
Viabilidad (%)	1,0	45,2	44,1
Eclosión (%)	–	90,6	94,3



8.3. CULTIVO LARVARIO

El cultivo larvario incluye toda la fase de desarrollo comenzando con la larva recién nacida y finalizando con la metamorfosis que se inicia el día 21-22 y se completa el 35 (Franicevic, 1991). Comprende la siembra de las larvas en tanques, el inicio con alimentación viva y la adaptación a la alimentación inerte. El desarrollo larvario ha sido descrito por Glamuzina *et al.* (1989), Jug-Dujakovic *et al.* (1995) (hasta los 7 días a 17 °C), Pastor *et al.* (1995), Pastor *et al.* (1997) (hasta los 15 días a 17.6 °C), Arizcun *et al.* (2003) (hasta los 32 días a diferentes temperaturas) y Coban *et al.* (2009) (hasta los 40 días). Santamaría *et al.* (2001, 2004) describieron la organogénesis y principales aspectos histológicos de la larva del dentón desde el día 0 al 36 y establecen cuatro estadios de desarrollo:

- Estadio I. Fase lecitotrófica (0-3 días), boca y ano cerrados y alimentación endógena ($2,73 \pm 0,16$ mm).
- Estadio II. (4-9 días), apertura de la boca, pigmentación de los ojos y alimentación endógena y exógena ($3,55 \pm 0,06$ mm).
- Estadio III. (10-22 días), aparición de las espinas operculares, formación de la vejiga natatoria y de la mayoría de los órganos principales (desarrollo del digestivo y respiratorio casi completado), alimentación exógena ($4,06 \pm 0,16$ mm).
- Estadio IV. (23-36 días), flexión de la notocorda y metamorfosis ($6,96 \pm 1,01$ mm).

La larva de dentón recién nacida es planctónica y transparente y tiene una talla que varía entre $2,17 \pm 0,2$ mm y $2,61 \pm 0,04$ mm (Glamuzina *et al.*, 1989; Pastor *et al.*, 1995 y 1997; Jug-Dujakovic *et al.*, 1995; Abellán *et al.*, 1997). En el momento de la eclosión (17 °C) el saco vitelino tiene un volumen de $0,187$ mm³ y se reabsorbe por completo cuando la larva mide unos 3,5 mm, transcurridos 5 días a 17 °C (Jug-Dujakovic *et al.*, 1995) o 4 a 22 °C (Abellán *et al.*, 1997).

De acuerdo con nuestras observaciones la primera inflación de la vejiga ocurre entre los 6 y 11 días de edad dependiendo de la temperatura (19 y 23 °C), mientras que Santamaría *et al.* (2001) sitúan la primera inflación entre los días 13 y 17. En la Figura 11 se pueden observar larvas de dentón de diferentes edades.

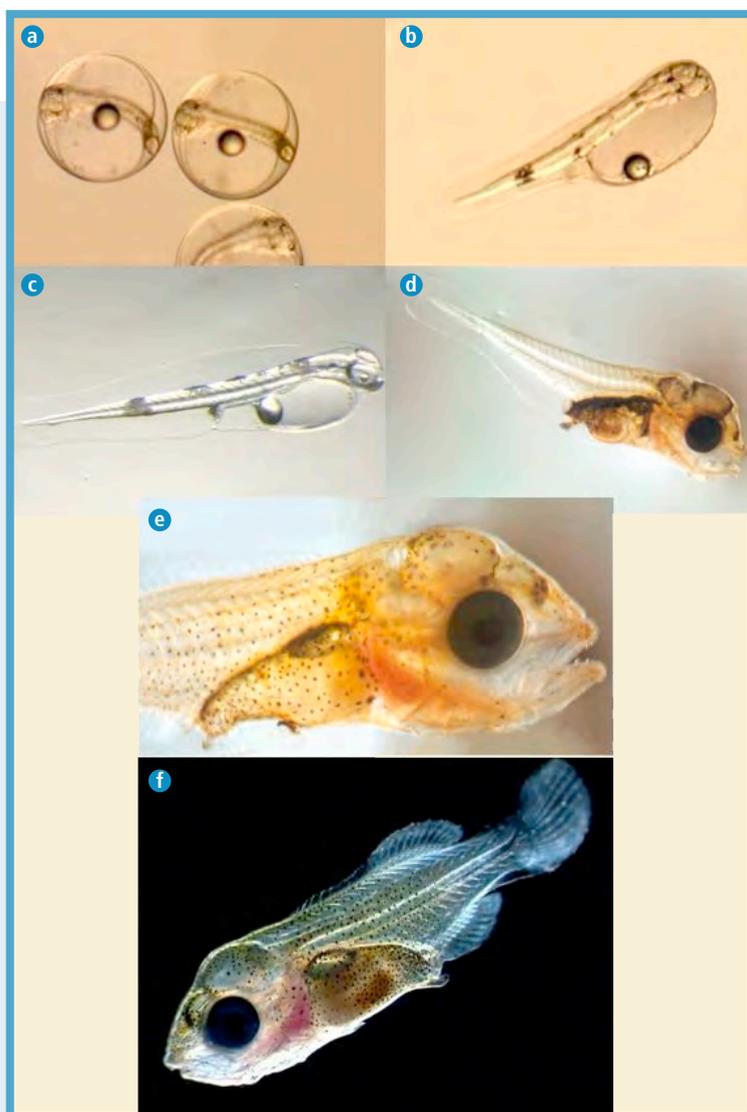


FIGURA 11.

- a) Huevo de dentón embrionado (996 μm).
b) Larva recién eclosionada (3 mm). c) Larva a las 24 horas tras la eclosión (3,1 mm). d) Larva de 7 días (4 mm). e) Detalle de larva de 13 días (4,9 mm). f) Dentón de 26 días (8,4 mm).

(Fotos: M. Arizcun y S. García-Alcázar).



8.3.1. Técnicas de cultivo

Dependiendo de la densidad larvaria inicial, volumen de los tanques y control de los parámetros, las técnicas de cultivo larvario se pueden clasificar en tres tipos:

1. Extensivo, en volúmenes de cientos o miles de m^3 sin control de las condiciones de cultivo y a densidad inicial de cultivo baja (0,1-1 larvas/l).
2. Semiextensivo y semiintensivo «mesocosmos»: consisten en cultivar a bajas concentraciones de larvas (2-8 larvas/l), en grandes tanques (30-100 m^3), y en condiciones más naturales que en los sistemas de cultivo intensivo tradicionales. Este sistema se considera óptimo para el cultivo larvario de nuevas especies, en las que los requerimientos alimenticios no son bien conocidos (Divanach y Kentouri, 2000). Las ventajas que ofrecen estas técnicas frente a la de cultivo intensivo son sus menores costes de producción y mejor calidad y supervivencia larvaria.
3. Intensivo: consiste en cultivar a altas concentraciones de larvas, en tanques pequeños, controlando las condiciones del medio y aportando como alimento uno o dos tipos de presas vivas que también se cultivan intensivamente (Divanach y Kentouri, 2000).

La mayoría de los estudios sobre cultivo larvario de dentón se han realizado utilizando la técnica de cultivo intensivo, aunque también se han ensayado métodos extensivos (Koumoundouros *et al.*, 1999; Koumoundouros *et al.*, 2000), semiextensivos (Koumoundouros *et al.*, 1999; Giménez y Estévez, 2008a) y semiintensivos (Koumoundouros *et al.*, 2004). Se han comparado estas técnicas con resultados favorables, en cuanto a supervivencias, crecimiento y calidad larvaria, cuando la densidad inicial de siembra es menor (cultivo semiextensivo o semiintensivo).

8.3.1.1. Cultivo intensivo

El cultivo larvario se lleva a cabo en tanques circulares de fibra de vidrio de 1 a 10 m^3 de capacidad. La densidad inicial en el tanque varía entre 10 y 120 huevos/l (Abellán, 2000; Rueda y Martínez, 2001; Giménez y Estévez, 2008a).



La temperatura de cultivo varía entre 15 y 25 °C (finales de febrero -finales de junio) y la salinidad esta comprendida entre 37 y 40. La aireación y renovación de agua deben ser suficientes para que el oxígeno disuelto se mantenga entre 5 y 7 mg/l. La calidad del agua se mantiene mediante renovaciones de agua que van, desde el 30% del volumen total del tanque al día, al 20% a la hora, en función de la edad de las larvas, y limpiando regularmente, mediante sifonado, el fondo del tanque. La superficie del agua debe mantenerse limpia mediante un *skimmer* para permitir a las larvas la inflación de la vejiga natatoria y evitar malformaciones asociadas a la ausencia de la misma.

Las larvas recién nacidas se alimentan de sus reservas vitelinas hasta los 3-6 días de vida, momento en que ya pueden capturar presas del medio y comienza la alimentación exógena. La apertura de la boca tiene lugar cuando la larva tiene una talla de 3,6 mm, entre el día 4 a 18 °C (Pastor *et al.*, 1995) y el día 6 a 17 °C (Jug-Dujakovic *et al.*, 1995). Aunque la apertura de la boca tiene un diámetro máximo de 246-310 µm, el tamaño funcional varía entre 98 y 124 µm (Glamuzina *et al.*, 1989).

8.3.1.2. Cultivo semiintensivo y semiextensivo

Koumoundouros *et al.* (2004) realizaron el cultivo larvario utilizando el método semiintensivo, versión adaptada de la tecnología del mesocosmos (Divanach y Kentouri, 2000; Koumoundouros *et al.*, 1999). La densidad inicial fue de 1,6 huevos/l en tanques de 60 m³ y administraron presas vivas 2 o 3 veces/día. El rotífero, lo mantenían a 3-5 x 10³ individuos/l, los nauplios de *Artemia* entre 0,2-1,2 x 10³ nauplios/l y el fitoplancton lo ajustaban a 280-400 x 10³ células/ml. A los 19 días tras la eclosión (9,7 ± 1,13 mm) se inicia el destete en tanques de 10 m³. En este momento se consiguen supervivencias del 43-45% siendo los porcentajes de inflación de vejiga del 95%.

Giménez y Estévez (2008a), compararon dos técnicas de cultivo larvario, semiextensiva con una densidad inicial de 3,5 larvas/l, e intensiva con densidad inicial de 47,5 larvas/l. Las supervivencias a los 40 días son significativamente mayores cuando se utiliza la tecnología semiextensiva (6,58%) frente al método intensivo (1,58%). En cuanto a calidad de las larvas, el porcentaje de malformaciones esqueléticas



es mayor en el cultivo intensivo (82,5%) que cuando se utiliza el método semiextensivo (45%).

8.3.2. Alimentación larvaria

El régimen de alimentación es a base de fitoplancton, rotífero y *Artemia* (método de agua verde). La secuencia de alimentación utilizada actualmente en el Centro Oceanográfico de Murcia es la siguiente: desde el momento de la apertura de la boca, a los 3-4 días, y hasta el 18-20, se les distribuye rotíferos y fitoplancton. Al ser pequeño el tamaño de la boca, los primeros días debe seleccionarse el rotífero, que debe ser de pequeño tamaño (<100 μm) (Glamuzina *et al.*, 1989; Franicevic, 1991). La concentración de rotífero en el tanque de cultivo varía con la edad de la larva, y normalmente se mantiene entre 10 y 20 rotíferos/ml; las microalgas se añaden al medio de cultivo durante toda la fase de alimentación con rotífero.

A partir del día 13-14 y hasta el 18, se les suministra nauplios de *Artemia* (en dos tomas) a una concentración entre 1,5-5/ml. A continuación, y hasta el día 30-35, se les distribuye metanauplios de *Artemia* enriquecidos con emulsiones comerciales. La alimentación inerte puede iniciarse a partir del día 21 o 22. El cambio de un tipo de alimento a otro no se hace de forma brusca, sino sustituyendo de manera progresiva uno por otro. El rotífero se cultiva con levadura de panificación y fitoplancton (*Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., etc.). Para aumentar el valor nutritivo del alimento vivo, tanto el rotífero como la *Artemia* se enriquecen con productos comerciales ricos en ácidos grasos altamente insaturados (HUFA).

Con objeto de establecer protocolos y la secuencia óptima de alimentación larvaria, se han realizado varios estudios de comportamiento trófico, para conocer la densidad inicial óptima de alimento vivo y el momento más adecuado para el inicio de alimentación viva, entre otros factores (Abellán *et al.*, 2004; Giménez y Estévez, 2008b). Igualmente se ha investigado sobre el desarrollo ontogénico de enzimas digestivas (Martínez *et al.*, 1997; Moyano *et al.*, 2001; Gisbert *et al.*, 2009).

En el dentón, el punto de no retorno por ayuno se sitúa a los 6,9 días a 18 °C, y a los 5,2 días a 19 °C. La muerte por inanición se pro-



duce a los 11 y 10 días de edad a las temperaturas de 18 y 19 °C, respectivamente, aunque al octavo y al noveno día los estómagos permanecen vacíos a ambas temperaturas, a pesar de suministrarles alimento. En este momento, las larvas –mantenidas en ayuno– han perdido la habilidad para capturar las presas. El 100% de las larvas tienen todavía el estómago vacío al tercer y segundo día a 18 °C y 19 °C respectivamente y aunque dispongan de rotífero en el tanque el primer alimento es ingerido al cuarto día a 18 °C, al tercer día a 19 °C y al segundo a 21 y 22,5 °C (datos sin publicar).

Desde el momento de la apertura de la boca las larvas son capaces de capturar el alimento a cualquier densidad de rotífero (1-2,5-5-7,5 y 10 rotíferos/ml). El momento en que las larvas se alimentan mas eficazmente por primera vez (valores máximos de presas ingeridas), corresponde al quinto, cuarto, tercero y segundo día de edad a 18 °C, 19 °C, 21 °C y 22,5 °C, respectivamente, lo que coincide con los mayores porcentajes de larvas alimentadas. De acuerdo con los datos obtenidos, en un cultivo larvario de dentón, la densidad inicial de rotífero a la que las larvas se alimentan mas eficazmente por primera vez es de 10 rotíferos/ml (Abellán *et al.*, 2004).

Giménez y Estévez (2008a) obtuvieron las mayores supervivencias en un cultivo intensivo cuando utilizaban una densidad de, al menos, 10 rotíferos/ml, manteniendo relaciones de 500-1 000 rotíferos/larva y ajustando el alimento una o dos veces al día.

8.3.2.1. Destete

El destete o cambio de alimentación viva a inerte, suele iniciarse una vez que ha comenzado la metamorfosis, a partir de los 21-22 días. Martínez *et al.* (1997), tras determinar una serie de actividades enzimáticas relacionadas con el proceso digestivo en larvas de dentón a lo largo de su desarrollo, y después de comprobar la rápida actividad de las proteasas en respuesta al suministro de alimento inerte, sugieren la posibilidad de iniciar el destete entre los días 25 y 35. En esta fase del cultivo se utilizan como alimento diferentes piensos comerciales diseñados para dorada u otras especies. Pastor y Grau (2002) consiguen los mejores resultados, en cuanto a peso y talla de las larvas, cuando utilizan en el destete alimentación continuada con comederos auto-



máticos durante 24 horas, cada cuatro minutos, e iluminación continua (1 000 lux). Koumoundouros *et al.* (2004) iniciaron el destete progresivo en tanques de 10 m³ a partir de los 19 días tras la eclosión ($9,7 \pm 1,13$ mm), utilizando piensos comerciales de destete y pellets húmedos que se administran a saciedad cada dos horas. Finalizaban la alimentación con estos piensos cuando la larva tiene una talla de 19 mm, consiguiendo supervivencias del 70% desde el inicio del destete hasta el inicio del preengorde.

8.3.2.2. Necesidades nutricionales en ácidos grasos

Los peces, para su normal crecimiento y desarrollo, necesitan tres clases de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (HUFA): docosahexanoico (DHA, 22:6-n3), eicosapentanoico (EPA, 20:5-n3) y araquidónico (AA, 20:4n-6) (Sargent *et al.*, 1999).

Los métodos usados con mas frecuencia para investigar las necesidades de ácidos grasos en larvas de peces marinos han sido: 1) comparar la composición bioquímica de huevos y larvas en diferentes estadios, 2) establecer modelos pauta de pérdida y conservación de nutrientes durante alimentación y ayuno y 3) realizar experimentos de alimentación controlando la composición de ácidos grasos de presas vivas o microdietas (Izquierdo y Fernández-Palacios, 1997).

Con el fin de contribuir a un mejor conocimiento de las necesidades nutricionales de las larvas de dentón en cuanto a ácidos grasos, se han realizado diversos estudios (Mourente *et al.*, 1999; Renobell *et al.*, 2001; Giménez *et al.*, 2008; Abellán *et al.*, 2009a). Los resultados de estas investigaciones son de gran utilidad para establecer la estrategia de alimentación y definir la composición bioquímica del alimento en la fase larvaria y, por lo tanto, para establecer protocolos de enriquecimiento de presas vivas (composición de las emulsiones, dosis, tiempo de enriquecimiento, etc.).

El modelo de metabolismo lipídico en el dentón desde el huevo hasta el desarrollo de larvas y juveniles, es similar al descrito para otras especies de peces marinos cuyos huevos contienen elevados niveles de lípidos totales, y que utilizan preferentemente lípidos neutros como la primera fuente de energía (Mourente *et al.*, 1999; Giménez *et al.*, 2008). Se pueden conseguir mejores tasas de crecimiento en un culti-



vo larvario de dentón si la *Artemia* proporciona un nivel de ácidos grasos (n3-HUFA) equivalente al 3,97% de su peso seco (Mourente *et al.*, 1999). Datos aportados por Renobell *et al.* (2001) indican que, para conseguir el máximo crecimiento de larvas de dentón, los niveles óptimos de n3-HUFA y DHA en los metanauplios de *Artemia* son el 6,23 y el 1,5% del peso seco respectivamente. Cuando el alimento a suministrar es de baja calidad nutritiva, tal como ocurre con algunas cepas de *Artemia* (pobres en EPA y DHA especialmente), es necesario enriquecerlas previamente con emulsiones de aceites marinos (Sorgeloos *et al.*, 2001). En este sentido, Abellán *et al.* (2009a) encontraron que los mejores resultados a los 44 días de edad, en cuanto a crecimiento y supervivencia, correspondían a larvas alimentadas con *Artemia* enriquecida con una emulsión conteniendo un 30% de n-3 HUFA (con respecto al total de ácidos grasos) y una relación DHA/EPA de 1,7 (30/1,7) (Figura 12).

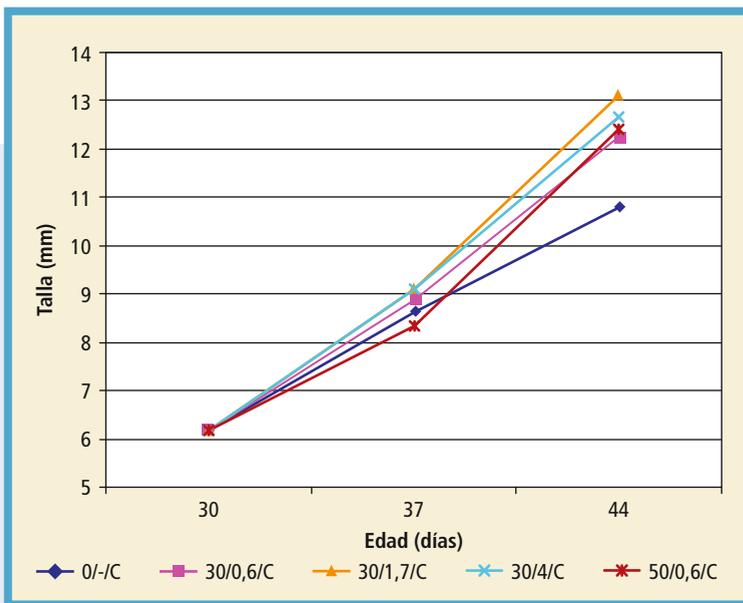


FIGURA 12.

Evolución de la talla de larvas de dentón alimentadas con *Artemia* enriquecida con diferentes emulsiones.



8.3.2.3. Fisiología digestiva

La caracterización y cuantificación de la actividad enzimática digestiva durante la fase larvaria proporciona información valiosa para establecer pautas de alimentación, tipos de alimento a emplear, evaluar la capacidad de las larvas para utilizar dietas artificiales y establecer el momento óptimo para el destete. Las investigaciones en este sentido, se han centrado en el estudio de la ontogenia de las enzimas digestivas a lo largo del desarrollo larvario del dentón (Martínez *et al.*, 1997; Gisbert *et al.*, 2009; Pérez-Jiménez *et al.*, 2010). Moyano *et al.* (2001) realizaron estudios comparativos de las capacidades digestivas (actividades proteasa alcalina, α -amilasa y lipasa) en larvas de dorada, dentón y lenguado, y encontraron que el dentón destaca claramente tanto por su precocidad como por el grado de desarrollo de sus proteasas alcalinas; por el contrario, su capacidad para digerir carbohidratos es menor que en las otras especies estudiadas. En cuanto a la aptitud para digerir lípidos existe una clara evolución a lo largo del desarrollo larvario. En el dentón la aparición de proteasa es algo más tardía (más visible a los 13 días) que en la dorada (5-6 días), mostrando dotación equivalente a la de adultos a los 32 días. Posteriormente, se ha estudiado la evolución de la actividad de diferentes enzimas digestivas en la eclosión y durante la alimentación endógena y exógena (Gisbert *et al.*, 2009) y también se ha determinado la actividad total y actividad específica de amilasa, lipasa y proteasas ácidas, neutras y básicas, a diferentes días de edad en un cultivo larvario (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010).

8.3.3. Factores ambientales

El conocimiento de los factores ambientales que influyen en el desarrollo larvario de cada especie es esencial para diseñar protocolos que maximicen la supervivencia, el crecimiento y la calidad de las larvas en condiciones de cultivo. Los mejores resultados para el dentón, en cuanto a crecimiento, supervivencia y porcentaje de inflación de vejiga a los 22 días de edad, se obtienen cuando el régimen de fotoperíodo es de 18 horas luz y 6 de oscuridad (Abellán *et al.*, 2000b). Giménez y Estévez (2008b) consiguieron los mejores resultados, hasta los



10 días de edad, cuando utilizaban un fotoperiodo de 24 horas luz y una intensidad de, al menos, $3,4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, lo que sugiere mantener este fotoperiodo hasta esa edad y posteriormente establecer un régimen de 18L:6O. En cuanto a la intensidad lumínica no se han encontrado diferencias ni en supervivencia ni en crecimiento a los 11 días de edad cuando se utilizan intensidades comprendidas entre 500 y 1 500 lux (datos sin publicar). Cuando se ensayan intensidades de 200, 400, 800 y 1 200 lux, los mejores resultados a los 20 días en cuanto a supervivencia (5%) se consiguieron a una intensidad de 200 lux (fotoperiodo: 18L/6O); la talla final es similar en todos los tratamientos y el mejor porcentaje de larvas con vejiga (100%) se obtiene con intensidades de 1 200 lux (Abellán *et al.*, 2009b).

8.3.4. Crecimiento y supervivencia

Las larvas de dentón desde la eclosión hasta el comienzo de la alimentación exógena consumen alrededor del 2,3% de su peso seco por día ($3,2 \mu\text{g}/\text{larva}/\text{día}$); esto indica una mayor tasa de metabolismo que en otras larvas de peces marinos de aguas templadas durante la fase lecitotrófica y subsiguiente ayuno (Pastor *et al.*, 2000). Durante las fases larvaria y postlarvaria las tasas de crecimiento en talla son elevadas, sobre todo cuando las comparamos con otros espáridos como la dorada, tal como se puede observar en la Figura 13.

La tasa de crecimiento específico/día en cultivos intensivos es inferior a la observada en cultivos extensivos y semiextensivos (0,076 frente a 0,095-0,108/día respectivamente) (Koumoundouros *et al.*, 2004). Estos autores, utilizando el método semiintensivo, consiguen postlarvas de $50 \pm 4,5$ mm y $1,6 \pm 0,4$ g a los 57 días, mientras que en condiciones intensivas el crecimiento era más lento: 31 mm a los 55 días (Pastor *et al.*, 1995) y 32,2 mm a los 52 días (Abellán y Arizcun, datos no publicados).

En cuanto a crecimiento en peso, Abellán *et al.* (1997) utilizando diferentes densidades de cultivo (30, 50 y 65 huevos/l) obtuvieron mejores resultados a los 90 días ($5,72 \pm 1,28$ g) cuando partían de una densidad inicial de 30 huevos/l (Figura 14). Estos resultados son comparables a los dados por Efthimiou *et al.* (1994) (5,17 g), superiores a los conseguidos por Bibiloni *et al.* (1993) (3 g) y muy superiores a los

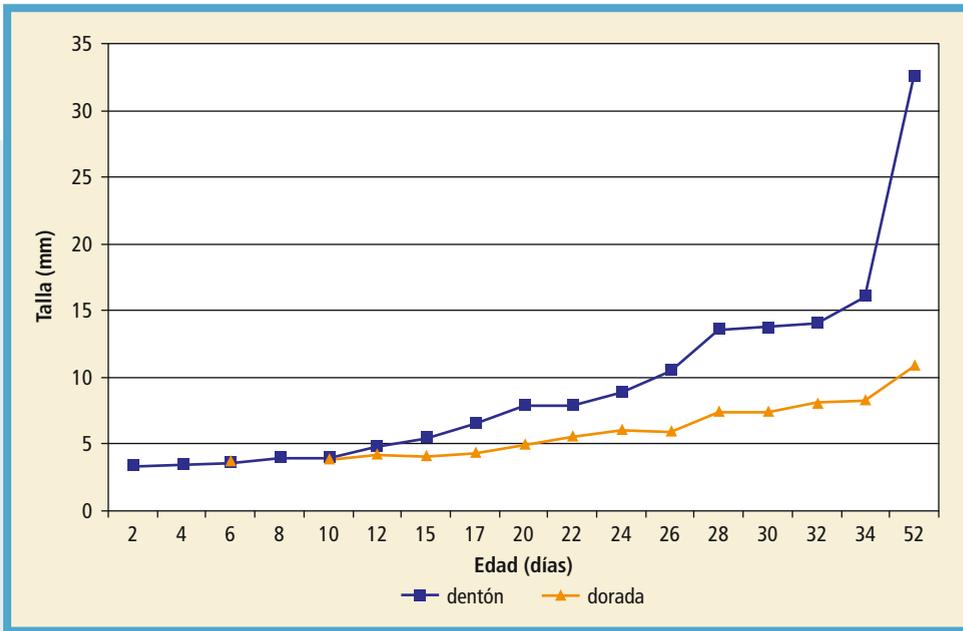


FIGURA13.

Crecimiento comparado de larvas de dentón y dorada cultivadas en el Centro Oceanográfico de Murcia (IEO).

obtenidos en un cultivo de dorada (1,3-1,5 g) a los 90 días (Abellán, 2000a).

Las tasas de supervivencia en la fase larvaria en cultivos intensivos son muy bajas y varían en función de la densidad inicial de siembra y la edad de las larvas. Franicevic (1991) encuentra las mayores mortalidades entre los días 9 y 15 y a partir del 25. Para Riera *et al.* (1993), los picos de mortalidad están entre los días 6-15 y 25-30. Pastor *et al.* (1995) encuentran las mayores mortalidades entre los días 9 y 15, y Abellán *et al.* (1997) citan una mortalidad continua desde el inicio del cultivo hasta los 12 días y desde el 21-22 hasta los 45.

Abellán *et al.* (1997) obtuvieron supervivencias próximas al 8%, del 3,5% e inferiores al 2% a los 30, 60 y 90 días de edad respectivamente, con densidades de partida de 30 huevos/l. Cuando la densidad inicial de cultivo era de 50 huevos/l, las supervivencias a los 30 y 50

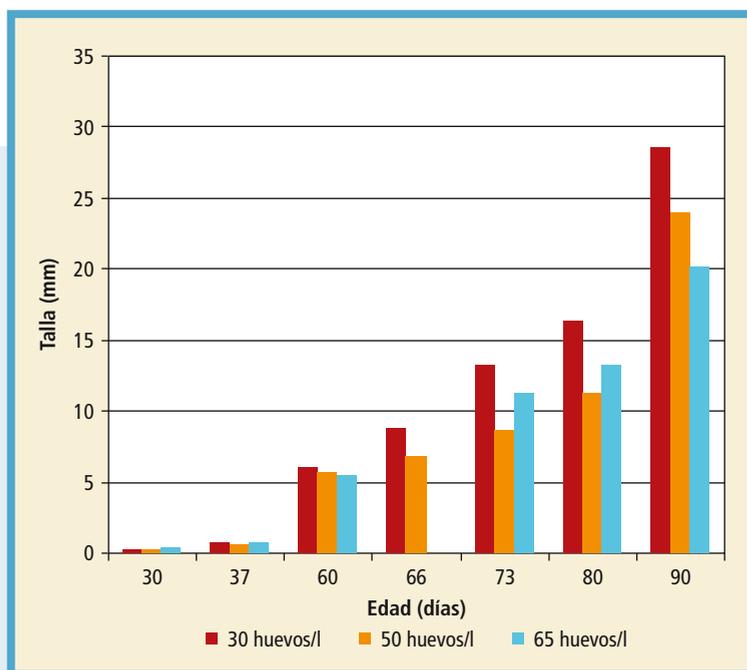


FIGURA 14.

Evolución del peso de larvas de dentón partiendo de diferentes densidades de cultivo.

días de edad fueron de 5,5% y 3,5%, respectivamente. A densidades iniciales de 65 huevos/l, las supervivencias a los 60 días son inferiores al 2%. Estas tasas de supervivencia son superiores a las conseguidas por Pastor *et al.*, (1995) (2,5% a los 50-55 días), similares a las obtenidas por Grau *et al.* (2003) (9 y 3,8% a los 35 y 55 días respectivamente) e inferiores a las aportadas por Bibiloni *et al.* (1993) (2% a los 90 días). En la fase de nursery (50-70 días) la supervivencia media es de un 70% (Grau *et al.*, 2003).

Koumoundouros *et al.* (2004), siguiendo el método de cultivo semiintensivo, consiguieron supervivencias del 43-50% en la fase larvaria (19 días de edad) y del 21,7% a los 57 días de edad.

Giménez y Estévez (2008a) obtuvieron supervivencias significativamente mayores a los 40 días de edad cuando utilizan el cultivo semiintensivo (6,58%) frente al intensivo (1,58%).

8.4. ENGORDE. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN

El dentón tiene elevadas tasas de crecimiento (Efthimiou *et al.*, 1994; Riera *et al.*, 1995; Abellán *et al.*, 1997; Tulli y Tibaldi, 1997; Company *et al.*, 1999a; Abellán 2000; Koumoundouros *et al.*, 2004), el doble que otras especies de peces cultivados como la dorada y lubina (Riera *et al.*, 1995; Company *et al.*, 1999a; Abellán *et al.*, 2000). En las Figuras 15 y 16 se puede observar la curva de crecimiento y la relación talla/peso del dentón en cautividad.

Los primeros ensayos sobre crecimiento de dentón se hicieron utilizando dietas frescas, piensos semihúmedos o piensos comerciales –secos, granulados o extrusionados–, diseñados para otras especies. Posteriormente se han realizado varios estudios encaminados a determinar las necesidades nutricionales básicas de esta especie. El desconocimiento de las mismas, limita las posibilidades de elaboración de piensos específicos con los que obtener un máximo crecimiento y rentabilidad.

Dependiendo de la metodología de cultivo utilizada, tipo de alimento, temperaturas y rango de talla estudiados, el comportamiento en el engorde es diferente, obteniéndose resultados variables. Así, la tasa de

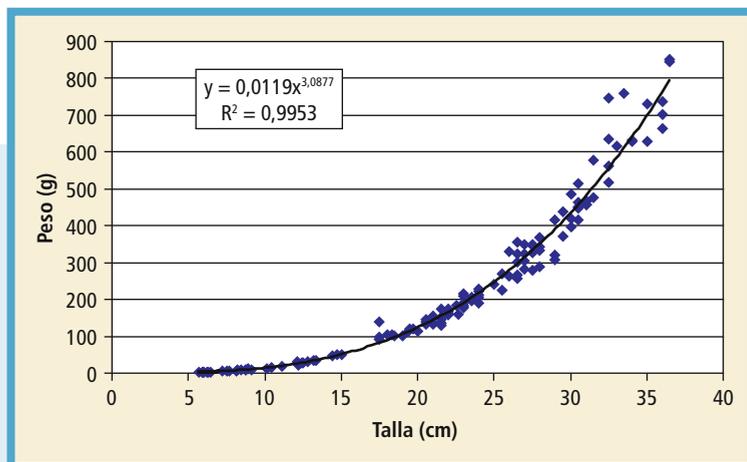


FIGURA 15.
Curva de crecimiento de dentón en cautividad.

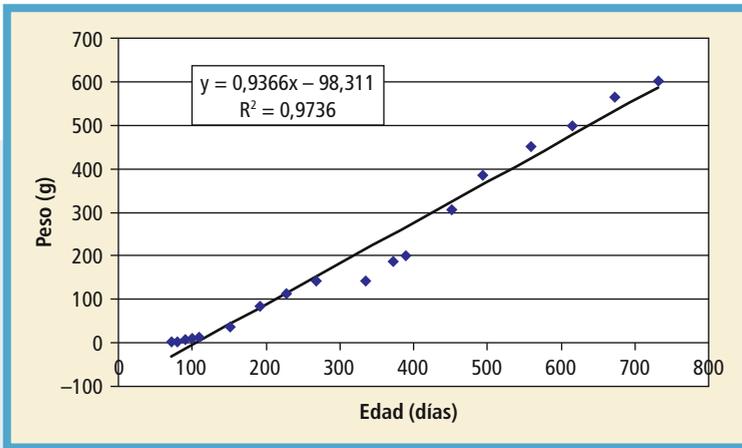


FIGURA 16.
Relación talla/peso del dentón en cautividad.

crecimiento específico (SGR) oscila entre 0,002 y 0,100%/día, el índice de conversión del alimento (FCR) entre 0,14 y 3,18, y la mortalidad entre 1,5 y 40% (Grau *et al.*, 2003; Rueda y Martínez, 2001; Espinos *et al.*, 2003, Koumoundouros *et al.*, 2004). Refiriéndose exclusivamente al engorde propiamente dicho, la mortalidad es muy baja (1,5% en nueve meses), oscilando el porcentaje de malformaciones esqueléticas entre un 10 y un 33% (Grau *et al.*, 2003).

Bini (1968) realizó por primera vez el engorde en acuarios partiendo de juveniles silvestres de 13-14 cm que al cabo de 14 meses alcanzaron una talla de 27 cm y un peso de 300 g.

Riera *et al.* (1993) realizaron una experiencia de engorde en jaulas a partir de alevines de 15 g, utilizando como alimento pescado fresco o congelado y piensos semihúmedos. A los 20 meses de edad consiguieron un peso medio de 831,3 g. Posteriormente, Riera *et al.* (1995) compararon, también en jaulas, el efecto sobre el crecimiento de alevines de 2 g de peso inicial con cuatro dietas diferentes: fresca a base de pescado triturado, pienso semihúmedo, pienso para rodaballo granulado (43/17) y extrusionado (52/17). A los 10 meses de edad el lote alimentado con pescado llegó a tener un peso medio de 274 g frente a 272 g (pienso semihúmedo), 230 g (extrusionado) y 139 g



(pienso granulado). En ambas pruebas (1993 y 1995) los índices de conversión del alimento fueron altos, las tasas de crecimiento resultaron ser el doble que en lubina y dorada y las tasas de mortalidad del 6% y 50% respectivamente.

Efthimiou *et al.* (1994) utilizaron un pienso para dorada y una dieta húmeda para engordar juveniles de dentón de un peso medio inicial de 2,4 g. Consiguieron buenos índices de conversión del alimento (1,16 y 0,77 respectivamente) y tasas de crecimiento específico elevadas (6,1 y 4,5). La mortalidad, alrededor del 50% (48,4% con el pienso seco y 36,3% con el húmedo), fue debida principalmente al canibalismo.

Cardenete *et al.* (1997a) probaron igualmente dietas frescas frente a dietas comerciales secas utilizadas para el engorde de dorada y rodaballo, y estudiaron la respuesta en crecimiento y utilización de la dieta en ejemplares de 100 g de peso inicial. Las dietas para dorada dieron como resultado un aceptable crecimiento, con buenos índices de utilización del alimento y supervivencias superiores al 90% (SGR = 0,72; FCR = 1,80) siendo estos datos muy similares a los obtenidos usando alimento fresco (SGR = 0,74; FCR = 1,54).

Koumoundouros *et al.* (2004) utilizaron pienso húmedo para el engorde en jaulas de juveniles de 1,6 g. Después de 12 meses alcanzan un peso medio de 415 g, muy superior al de dorada (207 g) y lubina (150 g) en las mismas condiciones de cultivo (Divanach *et al.*, 1993).

Actualmente se dispone de datos sobre las necesidades nutricionales en el preengorde de juveniles (2-30 g) utilizando dietas granuladas, fundamentalmente, y extrusionadas (Tibaldi *et al.*, 1996; Cardenete *et al.*, 1997c; Company *et al.*, 1999a; Jover *et al.*, 1999; Espinós *et al.*, 2003; Skalli *et al.*, 2004); sin embargo apenas existe información relativa a las necesidades nutricionales del dentón en el engorde (Skalli *et al.*, 2004).

Con objeto de identificar los niveles adecuados de proteínas para la formulación de dietas prácticas para el dentón, Tibaldi *et al.* (1996) probaron cuatro dietas secas con diferentes niveles de proteína (44,3%, 49,3%, 55,7% y 58,9%) y con el mismo nivel de lípidos (17,2%). Llegaron a la conclusión de que un 49,3% de proteína se



puede considerar como una estimación preliminar de las necesidades proteínicas en dentones de 17 g (SGR = 1,29).

Estos mismos autores, estudiaron la influencia de diferentes niveles de proteína (44,4, 49,5 y 55,8%) y lípidos (12 y 17%) en el crecimiento y la composición de dentones de un peso inicial de $20,7 \pm 0,2$ g. Los resultados obtenidos indicaban que aumentos del nivel de proteína de 44,5 a 55,9% en dietas con bajo nivel de lípidos, mejoran el SGR y el FCR, siendo este efecto menos marcado entre los tratamientos con niveles de lípidos más elevados. Sus resultados sugieren igualmente que, cuando se considera la eficiencia o la retención proteica, incluso un 44,3% de proteínas y un 17,2% de lípidos pueden considerarse como niveles adecuados para formular dietas prácticas para esta especie.

Cardenete *et al.* (1997b) utilizaron dietas con diferentes niveles proteicos (54 y 58%) y lipídicos (17 y 22%) y estudiaron su efecto sobre el crecimiento en dentones de 30 g de peso inicial. Los crecimientos mayores se obtuvieron con las dietas de mayor contenido en proteína, si bien un aumento en el nivel de grasa del 17 al 22% permitió mejorar la utilización nutritiva de la dieta y la retención proteica, y conseguir resultados semejantes reduciendo la proteína dietaria hasta un 54%.

Cardenete *et al.* (1997a) llegaron a la conclusión de que una dieta para dentón (60 g) que contuviera 57,4% de proteína, 14,4% de lípidos y un contenido en energía bruta de 21,8 kJ/g daría buenos resultados (SGR = 0,69; FCR = 1,69) comparables, e incluso mejores, que una dieta fresca (SGR = 0,64; IC = 2,69), en supervivencia, crecimiento y aceptación y utilización del alimento.

Con objeto de optimizar la dieta tanto para juveniles (10 g) como para ejemplares en la fase de engorde (90 g), se ensayaron piensos con diferentes relaciones proteína/energía (Cardenete *et al.*, 1997c; Skalli *et al.*, 2004). En ambos casos se consiguieron elevadas tasas de crecimiento, así como una disminución de los niveles de proteína de las dietas si se aumenta el contenido energético de ésta.

Los resultados de estas pruebas demuestran la capacidad de los juveniles de dentón para ahorrar proteína e indican el grado en el cual el contenido lipídico en dieta puede usarse eficazmente para promover un crecimiento óptimo de manera que, al aumentar la energía



bruta de 20 a 22 kJ/g, se puede disminuir el nivel de proteína del 57 al 50% (SGR 3,04-3,39; FCR = 0,87-1,00). Incluso se aprecian mejoras tanto en el crecimiento como en la conversión de la dieta y en la utilización de la proteína.

En el caso de peces de mayor talla (92,4 g peso inicial), los resultados sugieren que, cuando la eficiencia o la retención de la proteína son considerables, incluso niveles de proteína de 43,4% y 19 g/mj de P/E, y un nivel calculado de energía disponible de 22 kJ/g podían ser asumidos como niveles adecuados para formular dietas prácticas para esta especie en la fase de engorde (SGR = 1,05-1,45; FCR = 0,66-0,86).

Se puede concluir que, para las dos tallas de dentón utilizadas, los lípidos en la dieta tenían un efecto de ahorro proteico promovido por el aumento de energía en la dieta.

Jover *et al.* (1999), ensayaron el engorde en jaulas de alevines de dentón (1,35 g) empleando piensos extrusionados con 4 combinaciones de proteínas y lípidos: 45/14, 45/17, 50/14 y 50/17. Al final de la prueba no encontraron diferencias en crecimiento con respecto al nivel proteico. Sin embargo, considerando el nivel de lípidos, los peces alimentados con un 14% alcanzaron un mayor peso final. Estos autores concluyeron que niveles de proteína de 45-50% y de lípidos del orden de 14% pueden considerarse óptimos para el crecimiento del dentón de ese tamaño.

Espinós *et al.* (2003), probaron dietas extrusionadas con diferentes niveles de proteína (40, 45, 50 y 55%) y diferentes niveles de lípidos (12, 17 y 22%) partiendo de alevines de 2,5 g. El mejor comportamiento en crecimiento se observó en peces alimentados con las dietas que tenían relaciones proteína/lípidos de 50/12 y 50/17, con SGR de 3,41 y 4,26 y FCR entre 1,5 y 2,2, respectivamente. Los resultados indican que el crecimiento óptimo y una mejor utilización nutritiva de la dieta en alevines de dentón puede conseguirse cuando los alimentamos con dietas que poseen alrededor del 50% de proteína cruda, con niveles de lípidos comprendidos entre 12 y 17%, y una relación proteína cruda/energía de 22 a 25 g·mj⁻¹.

Con objeto de estudiar la capacidad de utilización por parte de esta especie de un carbohidrato de buena digestibilidad (dextrina), Cardenete *et al.* (1997d) probaron cuatro dietas experimentales con niveles cre-



cientes de dextrina (10, 14, 18 y 22%) en dentones de 10 g. Las tasas de crecimiento específico (SGR) fueron elevadas y superiores a 3 en todos los casos, no existiendo diferencias significativas entre los lotes. La adición de dextrina no parece afectar a los excelentes índices de conversión (0,75-0,84) obtenidos. El aumento progresivo del contenido de este carbohidrato en las dietas para juveniles de dentón, provoca ligeras disminuciones de la digestibilidad de la materia orgánica y de la energía, aunque no produce cambios sobre el crecimiento y la utilización de la dieta, que es bien tolerada hasta un nivel del 22% en dietas con 53% de proteína y 20 kJ/g de energía bruta.

Pérez-Jiménez *et al.* (2009 a y b) tras evaluar la influencia del balance de macronutrientes (proteína-lípidos-carbohidratos) en la dieta en cuatro combinaciones (43-16-28, 43-24-4, 38-19-28 y 38-24-13) sobre el crecimiento y el metabolismo intermediario del dentón (90 g), sugieren que se podría reducir la proteína en la dieta hasta un 38% sin afectar negativamente a la fisiología normal del dentón, y que esta especie tiene capacidad para usar lípidos y carbohidratos eficazmente para obtener la energía necesaria para su correcto crecimiento, así como para compensar el «vacío» energético causado por la reducción de la proteína dietaria.

Asimismo, se han ensayado diferentes sustancias adicionadas a la dieta de alevines y/o juveniles con el fin de mejorar el crecimiento y, sobre todo, la supervivencia de los peces. De los productos probados (probióticos –*Bacillus toyoi*, *B. cereus*– y ácido maslínico), tan sólo el ácido maslínico a dosis de 40 mg/kg de alimento ha proporcionado resultados esperanzadores en cuanto a supervivencia (Hidalgo *et al.*, 2006).

La realización de algunos ensayos de racionamiento del alimento y de comparación entre sistemas de dispensación del mismo, han suministrado algunas pautas orientativas acerca de la estrategia alimentaria a seguir con esta especie (Abellán *et al.*, 1998; Abellán *et al.*, 1999).

8.4.1. Fisiología digestiva

El conocimiento del perfil enzimático a diferentes edades, y la respuesta a los cambios nutricionales en las enzimas digestivas de esta especie, constituyen una herramienta de gran importancia que puede



proporcionar información útil para la correcta formulación de piensos y para el establecimiento de estrategias nutricionales que mejoren su cultivo.

Se ha investigado en la caracterización y evolución de la actividad de proteasas en dentones juveniles, y en la simulación mediante técnicas *in vitro* de la digestión de distintas materias primas, de origen animal y vegetal (Alarcón *et al.*, 1998; Gaviño *et al.*, 2002; de Oña *et al.*, 2003, 2004, 2005a, 2005b).

Alarcón *et al.* (1998) caracterizaron las proteasas alcalinas en extractos intestinales de dentones de 25-50 g determinando que su actividad específica es de 110 ± 23 u/mg. Concluyeron que la actividad de las proteasas alcalinas del dentón es significativamente mayor que las de dorada de idéntico tamaño, lo que significa que esta especie tiene, teóricamente, mejor capacidad para digerir proteínas.

Pérez-Jiménez *et al.* (2009c) estudiaron la fisiología digestiva (actividades proteasa, amilasa y lipasa en estómago, ciego pilórico e intestino posterior y anterior) en juveniles de dentón (90 g) y la respuesta a diferentes dietas, concluyendo que el digestivo del dentón está bien adaptado a la digestión de proteínas y posee alto potencial para digerir los otros macronutrientes de la dieta, siendo su perfil digestivo similar al de otras especies omnívoras. Estos autores indican que el contenido de carbohidratos en dieta parece inducir cambios en las actividades proteasa, amilasa y lipasa. Gisbert *et al.* (2009) sugieren que los cambios en la actividad enzimática parecen estar más relacionados con los cambios en la fisiología digestiva y/o metabolismo del pez que con los cambios en la dieta.

8.5. PATOLOGÍAS

Uno de los principales problemas que ha impedido la incorporación del dentón al sector productivo es la elevada mortalidad en las fases de cultivo larvario y preengorde (Abellán, 2000), atribuibles a carencias nutricionales, problemas de manejo y de estrés y condiciones de cultivo (Pastor *et al.*, 1995; Efthimiou, 1996a; Crespo, *et al.*, 2001), procesos patológicos (Rigos *et al.*, 1997; Rigos *et al.*, 1998), comportamiento agresivo y canibalismo en estadios larvario y juvenil (Franicevic,



1991) y desarrollo frecuente de graves malformaciones esqueléticas (Efthimiou, 1996b; Koumoundouros *et al.*, 2001).

Estudios histopatológicos realizados por Grau *et al.* (2003) demostraron la ausencia de alteraciones en la etapa lecitotrófica. Sin embargo, en la transición de alimentación endógena a exógena, parte de las larvas presentaban degeneración del tejido pancreático, atrofia de estructuras digestivas, y otras alteraciones similares a las descritas en larvas sometidas a ayuno (Crespo *et al.*, 2001). En la fase de alimentación con *Artemia*, sobre todo a partir del día 30, el 80% de las larvas presentaban esteatosis intestinal, y ocasionalmente se detectaron enfermedades asociadas a agentes bacterianos y nunca a agentes parasitarios. Estos resultados concuerdan con los aportados por Company *et al.* (1999b).

En la fase larvaria, cuando la talla es de 5 mm (12 días), se puede producir hidropsia, consistente en edemas causados por acumulación de líquido celómico y subcutáneo. Esta enfermedad letal se caracteriza por inestabilidad en la natación y ausencia de alimento en el estómago (Koumoundouros *et al.*, 2004).

A partir del día 20 comienza el canibalismo, favorecido por la falta de homogeneidad en el crecimiento, que provoca elevadas mortalidades y persiste hasta aproximadamente los tres meses de edad (5-7 g). Este canibalismo disminuye a partir del día 40, siendo la mortalidad mas baja a partir del 70 (Grau *et al.*, 2003). La agresividad en el comportamiento del dentón conduce a la destrucción de los radios de las aletas en el 10-20% de los peces de tallas comprendidas entre 8 y 10 mm (Koumoundouros *et al.*, 1999).

Rigos *et al.* (1998) y Koumoundouros *et al.* (2004) atribuyen las mortalidades ocurridas en larvas de 11-32 mm (26-50 días) a la elevada sensibilidad al estrés por manejo. Por otra parte, Morales *et al.*, (2005), después de evaluar la capacidad de respuesta de la especie al estrés por manejo, sugieren que la sensibilidad a la manipulación no es, aparentemente, el factor principal responsable de la baja supervivencia mostrada por el dentón.

La granulomatosis sistémica aparece en el cultivo a partir del día 70 causando elevadas mortalidades (Riera *et al.*, 1993; Pastor *et al.*, 1995). Con un tratamiento a base de vitaminas C y E se consigue que



cese la mortalidad a los 90 días, y con la utilización de piensos comerciales en el destete esta patología desaparece o no se detecta (Grau *et al.*, 2003).

8.5.1. Infecciones bacterianas

La patología denominada mixobacteriosis, causada por *Tenacibaculum maritimum* (= *Flexibacter maritimus*), y caracterizada por erosión de aletas, úlceras y necrosis, es responsable de una baja pero constante mortalidad. En Italia está ampliamente extendida y afecta al dentón, otros espáridos y lubina (Salati *et al.*, 2005).

Otras infecciones emergentes en peces marinos cultivados, sobre todo en el Mediterráneo, son las flavobacteriosis, que causan úlceras cutáneas, erosiones con caquexia (pérdida de peso y masa muscular) y retraso en crecimiento. Afectan a doradas y lubinas, y también se ha descrito en dentones cultivados en jaulas en Cerdeña y Sicilia (Mancuso *et al.*, 2005).

Sitja-Bobadilla *et al.* (2007) asociaron fundamentalmente a la bacteria *Vibrio splendidus* con las mortalidades de invierno por goteo de juveniles de dentón, aunque no descartan la implicación de *Vibrio scophthalmi*. También indican que en estas mortalidades podrían influir factores nutricionales. Otras bacterias responsables de mortalidades importantes son: *Vibrio harvey* (Company *et al.*, 1999b), *Vibrio alginolyticus* (Rigos *et al.*, 1998) y *Photobacterium damselae* (Company *et al.*, 1999b).

8.5.2. Parasitosis

El parásito mixosporidio *Ceratomyxa* sp. causa daños en la vesícula biliar (Rigos *et al.*, 1997; Company *et al.*, 1999b), siendo el *Ceratomyxa diplodae* el responsable de crecimientos anormales y decoloración en vesícula biliar (Rigos *et al.*, 1997, 1999). Otro mixosporidio, *Leptotheca* sp., se ha observado principalmente en los túbulos renales de los segmentos distales (Grau *et al.*, 2003).

Cryptocaryom irritans es un protozoo ciliado que produce elevadas mortalidades en dorada, dentón y seriola (Rigos *et al.*, 2001), causando estragos tanto en reproductores como en alevines y juveniles de dentón; actualmente no se conoce un tratamiento eficaz.



Otro parásito que se ha observado en juveniles de dentón es el *Amyloodinium ocellatum*; este parásito puede ser tratado y no causa mortalidades masivas como el *C. irritans*.

El protozoo *Uronema marinum* es causa de elevadas mortalidades a la edad de 35 días (Pastor *et al.*, 1995).

Por último, la epiteliocistis descrita por Rigos *et al.* (1988) y Company *et al.* (1999b) afecta a las branquias, con prevalencia moderada, incrementándose su incidencia con la edad.

8.5.3. Malformaciones esqueléticas

Uno de los problemas que surge en el cultivo intensivo del dentón es el de las malformaciones esqueléticas. Estas anomalías que aparecen en ejemplares cultivados inciden negativamente en el crecimiento y, como consecuencia, los peces tienen una mayor susceptibilidad a contraer enfermedades, ocasionando pérdidas económicas. Las malformaciones han sido estudiadas y descritas por diversos autores en diferentes etapas del cultivo de dentón (Efthimiou, 1996b; Koumoundouros *et al.*, 1999, 2000, 2001; Suárez *et al.*, 2003; Giménez y Estévez, 2008a). Las alteraciones más comunes afectan a opérculos, maxilares y columna (lordosis, escoliosis, cifosis). Las causas probables son ausencia de vejiga, deficiencias nutricionales, sobresaaturación de gases en el agua, factores genéticos, condiciones inapropiadas de cultivo, etc.

Koumoundouros *et al.* (2001) compararon la apariencia osteológica de peces cultivados mediante técnicas extensivas y semiextensivas, con la de juveniles procedentes del medio natural. Mientras que todos los juveniles silvestres eran normales, los cultivados presentaban deformaciones esqueléticas como resultado de los diferentes métodos de cultivo.

8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación sobre el cultivo de dentón se está llevando a cabo en varios países del Mediterráneo. Su elevado valor comercial y las altas tasas de crecimiento, tanto en la fase larvaria como en el preengorde y engorde, son las principales ventajas de esta especie frente a



otras cultivadas tradicionalmente. Aunque los resultados obtenidos hasta el momento, utilizando técnicas muy similares a las empleadas en el cultivo de otros espáridos, son prometedores, la mortalidad en las etapas larvaria y postlarvaria en el cultivo intensivo del dentón continúa siendo alta, con resultados variables y poco repetibles. El porcentaje de ejemplares deformes es elevado, constituyendo éste el mayor problema para su cría en masa y su incorporación con éxito al sector industrial.

En los últimos 10 años se ha conseguido avanzar en el desarrollo de la tecnología de cultivo y actualmente la situación es la siguiente:

- Reproducción: no tiene problemas, obteniéndose puestas espontáneas con facilidad y existiendo la posibilidad de extender el periodo de reproducción, por manipulación del termo y fotoperiodo, con lo cual se puede disponer de puestas durante la mayor parte del año.
- Cultivo larvario: los resultados conseguidos sobre condiciones y sistemas de cultivo (temperatura, densidad larvaria inicial, intensidad de luz etc.), permiten una mayor aproximación a los parámetros óptimos de cultivo, aumentando las posibilidades de éxito del mismo. Por lo que respecta a la alimentación en esta fase de cultivo, los estudios realizados sobre tipos y calidad de presas vivas, densidad, dosis, enriquecimiento, necesidades nutricionales y fisiología digestiva, han proporcionado la información necesaria para definir la secuencia y estrategias de alimentación, establecer protocolos de enriquecimiento de presas vivas y formular dietas adecuadas para el destete.

Por otra parte, la aplicación de la tecnología del cultivo semiintensivo, basada en abundante alimento, bajas densidades de larvas, alta calidad del agua y minimización del estrés por manejo, da como resultado un mejor comportamiento biológico y altas tasas de supervivencia. Los estudios realizados demuestran que la explotación industrial de esta especie, utilizando esta metodología, puede iniciarse con los conocimientos establecidos hasta ahora.

- Nutrición y alimentación: se ha avanzado en el conocimiento sobre estrategias de alimentación y necesidades nutricionales, fundamentalmente en la fase de preengorde, lo que permite el



diseño y formulación de piensos específicos para esta etapa del cultivo. Estos resultados permiten abordar con más posibilidades de éxito y mayor rendimiento el engorde de esta especie.

Las investigaciones futuras necesarias para solucionar los problemas de cultivo y permitir que esta especie sea realmente una alternativa al cultivo de otras especies producidas industrialmente deben centrarse en:

- Manejo y nutrición de reproductores para conseguir puestas de calidad que permitan mayores crecimientos y supervivencias de las larvas.
- Diseño y formulación de piensos adecuados que cubran las necesidades nutricionales en todas las etapas de cultivo (incluida la fase larvaria), considerando también la inclusión de inmunoestimulantes y probióticos que minimicen el desarrollo de enfermedades y reduzcan la mortalidad debida al estrés (manejo y transporte).
- Control de enfermedades: para evitar las elevadas tasas de mortalidad debidas a enfermedades infecciosas que ocurren fundamentalmente en el cultivo intensivo; sería necesario el desarrollo de vacunas y de protocolos de administración de las mismas (orales, con el alimento, dosis, momento de administración, etc.) para prevenir las enfermedades víricas, bacterianas y parasitarias.
- Mejora de las medidas higiénicas, tratamientos preventivos y profilácticos que reduzcan las posibilidades de proliferación de patógenos y, por lo tanto, la aparición de enfermedades.

8.7. BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÁN E., 2000. Culture of common dentex (*Dentex dentex*). Present knowledge, problems and perspectives. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 157-168.
- ABELLÁN E. y BASURCO B. (Eds). 1999. Marine finfish species diversification: Current situation and prospects in mediterranean aquaculture. *Options Méditerr. Series B*, 24: 139 pp.
- ABELLÁN E., GARCÍA-ALCÁZAR A., ARIZCUN M., Delgado J. y Martín P. 1997. Experiencias preliminares sobre reproducción y cultivo de dentón (*Dentex*



- dentex* L.). En: de Costa, J., Abellán, E., García, B., Ortega, A. y Zamora, S. (Eds.). *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. Cartagena, 9-10 Julio. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. pp: 477-482.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M., GARCÍA-ALCÁZAR A., HIDALGO M.C. y Cardenete G. 1998. Effect of feeding level on growth and diet utilization of a high energy commercial diet by juvenile dentex (*Dentex dentex*). *Handbook of Contributions VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish*. Las Palmas de Gran Canaria, p 56.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M., GARCÍA-ALCÁZAR A., HIDALGO M.C. y Cardenete G. 1999. Efecto del sistema de alimentación sobre crecimiento y la utilización nutricional de la dieta por dentones (*Dentex dentex*) en fase de engorde. En: *Libro de resúmenes VII Congreso Nacional de Acuicultura. Convergencia entre Investigación y Empresa: Un reto para el siglo XXI*. Las Palmas de Gran Canaria, 19-21 Mayo. p 114.
- ABELLÁN E., GARCÍA-ALCÁZAR A., ARIZCUN M., NORTES M.D. y García-Alcázar S. 2000. Effect of the photoperiod on growth, survival and inflation of the swim bladder in dentex larvae (*Dentex dentex* L.). *Cah. Options Méditerran.*, 47: 177-180.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M., NORTES M.D. y García-Alcázar A. 2004. Effect of prey density on the first feeding of common dentex (*Dentex dentex*) larvae. *European Aquaculture Society Special publication*, 34: 94-95.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M. y García-Alcázar A. 2007. Influencia de la alimentación de los reproductores sobre la calidad de la puesta de dentón (*Dentex dentex*). En: Cerviño A., Guerra A., y Pérez C. (Eds.). En: *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura*. Vigo, 24-28 Septiembre. pp: 1217-1220.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M. y García-Alcázar A. 2009a. Efecto de los niveles de n-3 HUFA y relación DHA/EPA en la dieta sobre crecimiento y supervivencia larvaria en dentón (*Dentex dentex*). En: Beaz D., Villaroel M., Cárdenas S. *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid, 24-26 Noviembre. pp:64-65.
- ABELLÁN E., ARIZCUN M. y García-Alcázar, A. 2009b. Efecto de la intensidad de la luz sobre crecimiento y supervivencia larvaria en dentón (*Dentex dentex*). En: Beaz D., Villaroel M., Cárdenas S. *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*. Madrid 24-26 Noviembre. pp: 508-509.
- ABDEDELKADER B. y Ktari M.H. 1985. Régime alimentaire des dentés (Genre *Dentex*), poissons sparidés de Tunisie. *Bull. Soc. Nat., Tunisie*, 17 : 19-25.
- ALARCÓN F.J., DÍAZ M., Moyano F.J. y Abellán E. 1998. Characterization and functional properties of digestive proteases in two sparids; gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common dentex (*Dentex dentex*). *Fish Physiol. Biochem.*, 19: 275-267.
- ARIZCUN M., LÓPEZ-ALBORS O., AYALA M.D., GARCÍA-ALCÁZAR A. y Abellán E. 2003. Influencia de la temperatura sobre el desarrollo larvario del dentón (*Dentex*



- dentex). En: *Actas del IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Cádiz, 12-16 Mayo. pp: 428-430.
- BAUCHOT M.L. y HUREAU J.C. 1986. Sparidae. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, vol. 2. Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. y Tortonese E. (Eds.). UNESCO, Reino Unido. pp: 883-907.
- BAYLE-SEMPERE J.T., RAMOS-ESPLÁ A.A. y MAS-HERNÁNDEZ J. 1991. Observations on *Dentex dentex* (L., 1758) in the Spanish Mediterranean. En: *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*. Boudouresque C.F., Avon M. y Gravez V. (Eds.). GIS Posidonie Publishers, Marsella, Francia. pp : 245-253.
- BIBILONI G., CLADERA A., GOMILA M.A., MASSUTÍ S. y ZARATIEGUI I. 1993. A small scale experiment on rearing of *Dentex dentex*. *European Aquaculture Society Special Publication*, 19: 317.
- BINI G. 1968. Sparidae. En: *Atlante dei Pesci delle Coste Italiane, Vol. 4. Osteitti*. Bini G. Ed. Mondo Sommerso, Milan. pp: 93-152.
- BROMAGE N., JONES J., RANDALL C., THRUSH M., DAVIES B., SPRINGATE J., DUSTON J. y BARKER G. 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100: 141-166.
- CARDENETE G., ABELLÁN E., SKALLI A. y MASSUTÍ S. 1997a. Feeding *Dentex dentex* with dry diets: Growth response and diet utilisation. *Cah. Options Méditerr.*, 22: 141-151.
- CARDENETE G., SKALLI A., HIDALGO M.C., PALMA M.C. y MASSUTÍ S. 1997b. Variaciones en los niveles proteico y lipídico de la dieta. Efecto sobre el crecimiento y utilización nutritiva de la misma por el dentón (*Dentex dentex*). En: *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. de Costa J., Abellán E., García B., Ortega A. y Zamora S. (Eds.). Cartagena, 9-10 Julio. pp: 599-604.
- CARDENETE G., ABELLÁN E., HIDALGO M.C., SKALLI A., y ARIZCUN M. 1997c. Relación proteína energía en dietas para juveniles de dentón (*Dentex dentex*). En: *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. de Costa J., Abellán E., García B., Ortega A. y Zamora S. (Eds.). Cartagena, 9-10 Julio. pp: 581-586.
- CARDENETE G., ABELLÁN E., HIDALGO M.C., SKALLI A. y GARCÍA-ALCÁZAR A. 1997d. Utilización digestiva y nutritiva de niveles crecientes de carbohidratos en la dieta para el dentón (*Dentex dentex*). Resultados preliminares. En: *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. de Costa J., Abellán E., García B., Ortega A. y Zamora S. (Eds.). Cartagena, 9-10 Julio. pp: 587-592.
- COBAN D., SUCER C., KAMACI H.O., SAKA S. y FIRAT K. 2009. Morphometric and allometric growth of cultured common dentex (*Dentex dentex*). *J. Fish. Sci.*, 3 (1): 40-50.
- COMPANY R., CALDUCH-GINER J.A., PÉREZ-SÁNCHEZ J. y KAUSHIK S.J. 1999a. Protein sparing effect of dietary lipids in common dentex (*Dentex dentex*): a com-



- parative estudy with sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.*, 12: 23-30.
- COMPANY R., SITJÁ-BOBADILLA A., PUJALTE M.J., GARAY E., ÁLVAREZ-PELLITERO, P. y Pérez-Sánchez J. 1999b. Bacterial and parasitic pathogens in cultured common dentex, *Dentex dentex* L. *J. Fish Dis.*, 22: 299-309.
- CRESPO S., MARÍN DE MATEO M., SANTAMARÍA C.A., SALA R., GRAU A. y PASTOR E. 2001. Histopatological observations during larval rearing of common dentex *Dentex dentex* L. (Sparidae). *Aquaculture*, 192: 121-132.
- D'ANCONA U. 1949. Il differenziamento della gonade e l'inversione sessuale degli Sparidi. *Arch. Ocean. Limnol.*, Fasc II-III: 97-163.
- DE OÑA C., GAVIÑO M.D., MARTÍNEZ T.F., ALARCÓN F.J., DÍAZ M. y ABELLÁN E. 2003. Caracterización de proteasas ácidas en dentón (*Dentex dentex*), pargo (*Pagrus pagrus*) y del híbrido Dentex x Pagrus. En: *Libro de resúmenes del IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Cádiz, 12-16 de mayo. pp: 134-136.
- DE OÑA C., ALARCÓN F.J., DÍAZ M., GARCÍA-CARREÑO F.M. y ABELLÁN E. 2004. Partial characterization of alkaline digestive proteasas in common dentex (*Dentex dentex*), red porgy (*Pagrus pagrus*) and the hybrid Dentex x Pagrus. *European Aquaculture Society Special Publication*, 34: 290-291.
- DE OÑA C., ALARCÓN F.J., DÍAZ M. y ABELLÁN E. 2005a. Efecto de los inhibidores presentes en harinas vegetales sobre las proteasas intestinales de dos espáridos y su híbrido. En: *Libro de resúmenes del X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía. pp: 230-231.
- DE OÑA C., ALARCÓN F.J., DÍAZ M. y ABELLÁN E. 2005b. Hidrólisis proteica in vitro de materias primas de diferente calidad por las proteasas intestinales de tres espáridos. En: *Libro de resúmenes del X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía. pp: 232-233.
- DIVANACH P., KENTOURI, M., CHARALAMBAKIS G., POUGET F. y STERIOTI A. 1993. Comparison of growth performance of six Mediterranean fish species reared under intensive farming conditions in Crete (Greece), in raceways with the use of self feeders. En: *Production, Environment and Quality. Bodeaux Aquaculture 92*. Bernabe G. y Kestemont P. (Eds.). *European Aquaculture Society Special Publication*, 18: 285-297.
- DIVANACH P. y KENTOURI M. 2000. Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. Proceedings of the CIHEAM TECAM network field in Zaragoza. 24-28 May, 1999. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 75-87.
- EFTHIMIOU S., DIVANACH P. y ROSENTHAL H. 1994. Growth, food conversion and agonistic behaviour in common dentex (*Dentex dentex*) juveniles fed on pellet moist and dry diets. *Aquat. Living Resour.*, 7: 267-275.
- EFTHIMIOU S. 1996a. Dietary food intake of β -1,3/1,6 glucans in juvenile dentex (*Dentex dentex*), Sparidae- Effects on growth performance, mortalities and non-specific defense mechanisms. *J. Appl. Ichthyol.*, 12: 1-7.



- EFTHIMIOU S. 1996b. Performance of juvenile and ongrowing common dentex (*Dentex dentex*, L 1758, Sparidae) in relation to nutrition under culture. *Ber. Inst. Meereskd. Christian-Albrechts-Univ. Kiel*, 286: 1-123.
- ESPINÓS F.J., TOMAS A., PÉREZ L.M., BALASCH S. y JOVER M. 2003. Growth of dentex fingerlings (*Dentex dentex*) fed diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture*, 218 (1-4): 479-490.
- FAO, 2010a. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. En: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en>.
- FAO, 2010b. *Fisheries and Aquaculture. Species Fact Sheets: Dentex dentex* (Linnaeus, 1758). FAO, Roma. <http://www.fao.org/fishery/species/3182/en>.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS H., IZQUIERDO M. S., ROBAINA L., VALENCIA A., SALHI M. y VERGARA J. 1995. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132: 325-337.
- FISCHER W., BAUCHOT M.L. y SCHNEIDER M. 1987. *Vertebrés. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la Pêche (Révision I). Méditerranée et Mer Noire. Zone de Pêche 37*. FAO. Roma, Italia.
- FRANICEVIC V. 1991. Preliminary results on the larval rearing of common dentex, *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758). *European Aquaculture Society Special Publication*, 14: 106-107.
- FRAU A.L. 1964. Osservazioni sul differenziamento sessuale di *Dentex dentex* (L.). *Italian Journal of Zoology*, 31 (2): 737-747.
- GAVIÑO M.D., DÍAZ-LÓPEZ M. y ABELLÁN E. 2002. Evaluación de la actitud para degradar diferentes fuentes proteicas en dentón común (*Dentex dentex*): utilización de técnicas in vitro. *Abstracts del I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, pp: 824-835.
- GIMÉNEZ G., ESTÉVEZ A., LAHNSTEINER F., HENDERSON R.J., PIÑERA J.A. y SÁNCHEZ-PRADO J.A. 2006. Egg quality criteria in common dentex (*Dentex dentex*). *Aquaculture*, 260: 232-243.
- GIMÉNEZ G. y ESTÉVEZ A. 2008a. Effects of two culturing techniques on the growth, survival and larval quality of *Dentex dentex* Linnaeus, 1758. *Aquacult. Res.*, 39: 354-361.
- GIMÉNEZ G. y ESTÉVEZ A. 2008b. Effect of larval and prey density, prey dose and light conditions on first feeding common dentex (*Dentex dentex* L.) larvae. *Aquacult. Res.*, 39: 77-84.
- GIMÉNEZ G., ESTÉVEZ A., HENDERSON R.J. y BELL J.G. 2008. Changes in lipid content, fatty acid composition and lipid class composition of eggs and developing larvae (0-40 days old) of cultured common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus 1758). *Aquacult. Nutr.*, 14: 300-308.
- GISBERT E., GIMÉNEZ G., FERNÁNDEZ I., KOTZAMANIS I. y ESTÉVEZ A. 2009. Development of digestive enzymes in common dentex *Dentex dentex* during early ontogeny. *Aquaculture*, 287 (3-4): 381-387.



- GLAMUZINA B., JUG-DUJAKOVIC J. y KATAVIC I. 1989. Preliminary studies on reproduction and larval rearing of common dentex, *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 77: 75-84.
- GRAU A., MORALES-NIN B., QUETGLAS A., RIERA F., MASSUTI E. y PASTOR E. 2001. El modelo reproductivo del dentón *Dentex dentex* (L): bisexualidad juvenil y gonocorismo tardío. En: *Convergencia entre Investigación y empresa: un reto para el siglo XXI*. Fernández-Palacios H. y Izquierdo M. (Eds). *Series Monografías del ICCM*, 4: 555-560.
- GRAU A., PASTOR E., PADRÓS F. y CRESPO S. 2003. Aspectos patológicos de la cría del dentón (*Dentex dentex*) durante el periodo 1989-2003 en la estación de acuicultura del Puerto de Andratx (Mallorca). En: *Actas del IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Cádiz, 12-16 de mayo. pp: 265-270.
- HIDALGO M.C., SKALLI A., ABELLÁN E., ARIZCUN M. y CARDENETE G. 2006. Dietary intake of probiotics and maslinic acid in juvenile *dentex* (*Dentex dentex* L.): effects on growth performance, survival and liver proteolytic activities. *Aquacult. Nutr.*, 12 (4): 256-266.
- IZQUIERDO M. y FERNÁNDEZ-PALACIOS H. 1997. Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock. *Cah. Options Méditerran.*, 22: 243-264.
- IZQUIERDO M.S., FERNÁNDEZ-PALACIOS H. y TACON A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197:25-42.
- JOVER M., RIERA F., GRAU A., PASTOR E., ESPINÓS F. y PÉREZ I. 1999. Resultados preliminares de crecimiento del dentón (*Dentex dentex*) en jaulas flotantes alimentado con piensos extrusionados de diferente relación proteína/lípidos. *Revista AquaTIC*, 7 (www.revistaaquatic.com).
- Jug-DUJAKOVIC J., DULCIC J. y KATAVIC I. 1995. Embryonic and yolk sac larval development of the sparid dentex (*Dentex dentex*, Linnaeus, 1758). *Fish. Res.*, 24: 91-97.
- KOUMOUNDOUROS G., DIVANACH P. y KENTOURI M. 1999. Ontogeny and allometric of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions. *Mar. Biol.*, 135: 561-572.
- KOUMOUNDOUROS G., DIVANACH P. y KENTOURI M. 2000. Development of the skull in *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae). *Mar. Biol.*, 136: 175-184.
- KOUMOUNDOUROS G., DIVANACH P. y KENTOURI M. 2001. The effect of rearing conditions on development of saddleback syndrome and caudal fin deformities in *Dentex dentex* (L.). *Aquaculture*, 200: 285-304.
- KOUMOUNDOUROS G., CARRILLO J., DIVANACH P. y KENTOURI M. 2004. The rearing of common dentex *Dentex dentex* (L.) during the hatchery and on-growing phases. *Aquaculture*, 240: 165-173.
- LOIR M., LE GAC F., SOMARAKIS S. y PAVLIDIS M. 2001. Sexuality and gonadal cycle of the common dentex (*Dentex dentex*) in intensive culture. *Aquaculture*, 194 (3-4): 363-381.



- LO BIANCO S. 1909. Notizie biologische riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del Golfo di Napoli. *Mitt. Zool. Stat. Neaple*, 19: 513-761.
- MANCUSO M., MACRI B., MONACO S., ZACCONE R., PARADISO M.L., CARUSO G. y MARINO F. 2005. Aspetti microbiologici e anatomo-histopatologici in corso di flavobacteriosi in dentici (*Dentex dentex*) d'allevamento. *Ittiopatologia*, 2 (1): 15-20.
- MARTÍNEZ M.I., ALARCÓN F.J., MOYANO F.J., DEHESA M.R. y GARCÍA-ALCÁZAR A. 1997. Evolución del equipamiento enzimático digestivo a lo largo del desarrollo larvario del dentón *Dentex dentex*. En: *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. de Costa J., Abellán E., García B., Ortega A. y Zamora S. (Eds.), Cartagena, 9-10 de julio. pp. 509-514.
- MAZORRA C., BRUCE M., BELL J.G., DAVIE A., ALOREND E., JORDAN N., REES J., PAPANIKOS N., PORTER M. y BROMAGE N. 2003. Dietary lipid enhancement of broodstock reproductive performance and egg and larval quality in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 227: 21-33.
- MOYANO F.J., ALARCÓN F.J., DÍAZ M., ABELLÁN E., YÚFERA M. y FERNÁNDEZ-DÍAZ C. 2001. Capacidad digestiva comparada durante el desarrollo larvario de tres peces marinos: dorada (*Sparus aurata*), dentón (*Dentex dentex*) y lenguado senegalés (*Solea senegalensis*). Implicaciones para el desarrollo de alimento artificial. En: *Convergencia entre Investigación y empresa: un reto para el siglo XXI*. Fernández-Palacios H. y Izquierdo M. (Eds). *Serie Monografías del ICCM*, 4: 340-345.
- MÉNDEZ E., ANASTASIADIS P., KENTOURI M., PAVLIDIS M. y DIVANACH P. 1995. Preliminary data on spawning activity of five Mediterranean teleost species kept in captivity, in Crete (Greece). En: Castelló F. y Calderer A. (Eds.). *Actas V Congreso Nacional de Acuicultura*. San Carles de la Ràpita, 10-13 mayo. pp: 398-403.
- MORALES A.E., CARDENETE G., ABELLÁN E. y GARCÍA-REJÓN L. 2005. Stress-related physiological responses to handling in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758). *Aquacul. Res.*, 36 (1): 33-40.
- MORALES-NIN B. y MORANTA J. 1997. Life history and fishery of the common dentex (*Dentex dentex*) in Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Fish. Res.*, 30: 67-76.
- MOURENTE G., TOCHER D.R., DÍAZ-SALVAGO E., GRAU A. y PASTOR E. 1999. Study of the n-3 highly unsaturated fatty acids requirement and antioxidante status of *Dentex dentex* larvae at the *Artemia* feeding stage. *Aquaculture*, 179: 291-307
- PASTOR E., RIERA F., POU S., GRAU A.M. y GRAU, A. 1995. A summary of investigations on reproduction and larval rearing of common dentex *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758). *ICES Mar. Sci. Symp.*, 201: 148-152.



- PASTOR E., GRAU A., MASSUTÍ E., SALA R. y SANPERA, C. 1997. Aspectos reproductivos y desarrollo embriológico y larvario del dentón *Dentex dentex* bajo condiciones controladas. En: *Actas VI Congreso Nacional de Acuicultura*. de Costa J., Abellán E., García B., Ortega A. y Zamora S. (Eds.), Cartagena, 9-10 de julio. pp: 429-435.
- PASTOR E., GRAU A., RIERA F., POU S., MASSUTÍ E. y GRAU A.M. 2000. Experiences in the culture of new species in the "Estación de Acuicultura" of the Balearic Government (1980-1989). *Cah. Options Méditerran.*, 47: 371-379.
- PASTOR E. y GRAU A. 2002. Efecto de la frecuencia de alimentación en alevines de dentón *Dentex dentex* Linnaeus, 1758 durante la fase de preengorde. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18 (1-4): 115-117.
- PAVLIDIS M., LOIR M., FOSTIER A., MÖLSÄ H. y SCOTT, A. 2000. Recent advances in reproductional aspects of *Dentex dentex*. *Cah. Options Méditerran.*, 47: 169-176.
- PAVLIDIS M., KEREVEC S., GREENWOOD L., MOUROT B. y SCOTT A.P. 2001. Reproductive performance of common dentex, *Dentex dentex*, broodstock held under different photoperiod and constant temperature conditions. *Fish Physiol. Biochem.*, 25 (3): 171-180
- PAVLIDIS M., GREENWOOD L. y SCOTT A.P. 2004. The role of sex ratio on spawning performance and on the free and conjugated sex steroids released into the water by common Dentex (*Dentex Dentex*) broodstock. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 138 (3): 255-262.
- PÉREZ-JIMÉNEZ A., HIDALGO M.C., MORALES A.E., ARIZCUN M., ABELLÁN E. y CARDENETE G. 2009a. Growth performance, feed utilization and body composition of *Dentex dentex* fed on different macronutrient combinations. *Aquacult. Res.*, 41 (1): 111-119.
- PÉREZ-JIMÉNEZ A., HIDALGO M.C., MORALES A.E., ARIZCUN M., ABELLÁN E. y CARDENETE G. 2009b. Use of different combinations of macronutrients in diets for Dentex, (*Dentex dentex*). Effects on intermediary metabolism. *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, 152(4): 314-321.
- PÉREZ-JIMÉNEZ A., CARDENETE G., MORALES A.E., GARCÍA-ALCÁZAR A., ABELLÁN E. y HIDALGO M.C. 2009c. Digestive enzimática profile of *Dentex dentex* and response to different dietary formulations. *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, 154: 157-164.
- PÉREZ-JIMÉNEZ A., TRENZADO C. y PAPANDROULAKIS N. 2010. Digestive enzymes Characterization in the first developmental stages of the common dentex (*Dentex dentex*). En: *Abstracts of Aquaculture Europe 2010*. European Aquaculture Society, Oporto. 5-8 Octubre, p 1002
- RAMOS-ESPLÁ A.A. y BAYLE-SEMPERE J.T. 1991. Estatuto del *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) en el Mediterráneo. En: *Les Espèces marines à Protéger en Méditerranée*. BOUDOURESQUE C.F., AVON M., y GRAVEZ V. (Eds.). *GIS Posidonie Pub.*, Francia. pp: 238-244.



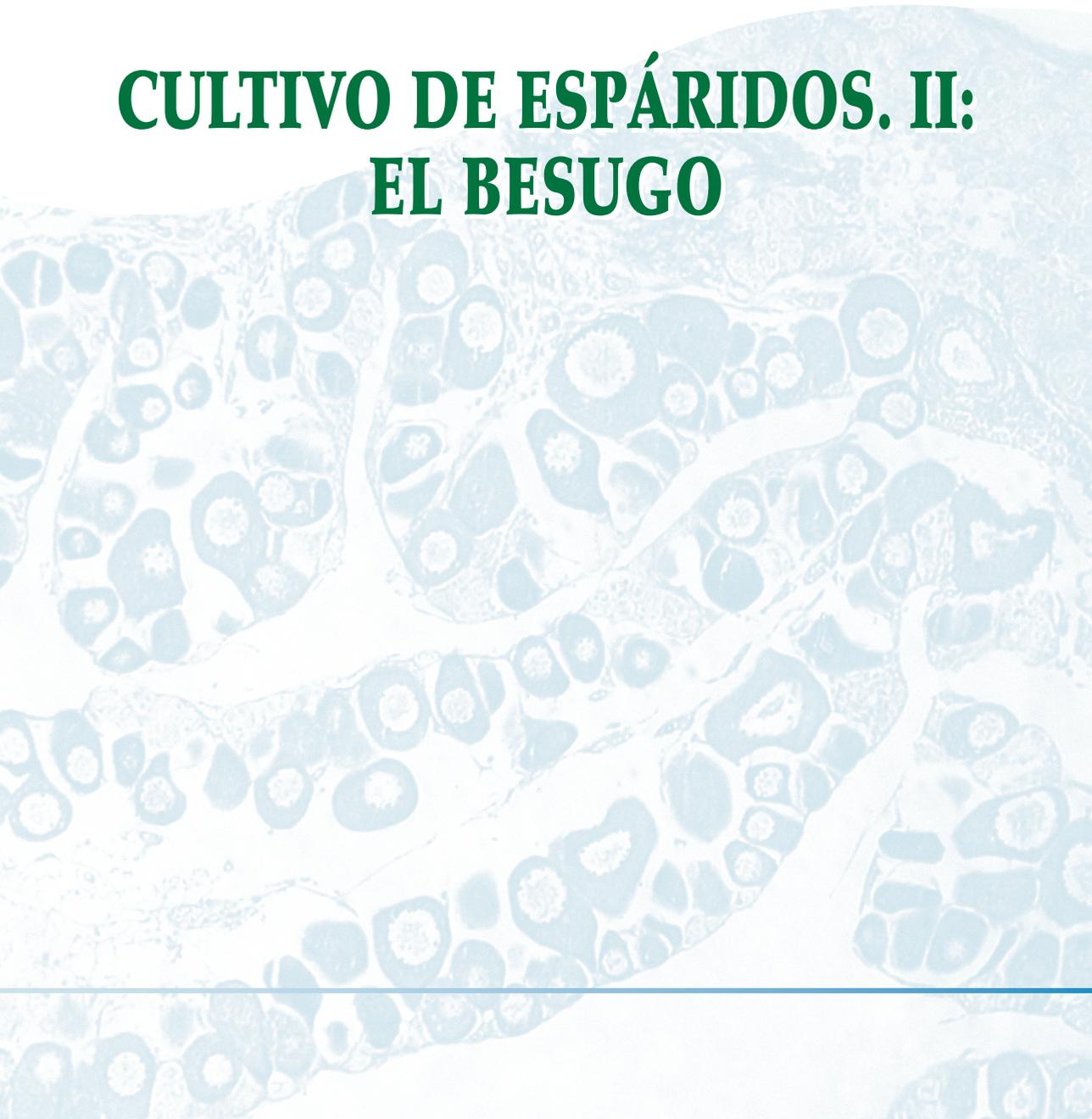
- RENOBELL J., SALA R., PASTOR E., GRAU A. y CRESPO S. 2001. Crecimiento de la larva de dentón (*Dentex dentex*) durante la fase de Artemia: efecto del nivel de ácidos grasos n-3. En: *Convergencia entre Investigación y Empresa: un reto para el siglo XXI*. Fernández-Palacios H. y Izquierdo M. (Eds.). *Serie Monografías del ICCM*, 4: 334-339.
- RIERA F., PASTOR E., GRAU A.M., GRAU A. y MASSUTI E. 1993. Experiencias en el cultivo del dentón, *Dentex dentex* (L.). En: *Actas IV Congreso Nacional de Acuicultura*. Vilanova de Arousa, 21-24 Septiembre. CERVIÑO A., LANDÍN A., DE COO A., GUERRA A. y TORRE M. (Eds.). Centro de Investigaciones Marinas, Pontevedra. pp: 143-148.
- RIERA F., PASTOR E., GRAU A.M., GRAU A., MASSUTI E., VALENCIA J.M., PALMER G. y POU S. 1995. Resultados preliminares del engorde del dentón, *Dentex dentex*, en jaulas flotantes con diferentes tipos de dieta. En: *Actas V Congreso Nacional de Acuicultura*. CASTELLÓ F. y CALDERER A. (Eds.). San Carles de la Rápita, 10-13 Mayo. pp: 606-611.
- RIGOS G., GRIGORAKIS K., CHRISTOPHILOGIANNIS P., NENGAS I. y ALEXIS M. 1997. *Ceratomyxa* spp. (Mixosporea) infection in cultured common dentex from Greece. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 17: 174.
- RIGOS G., GRIGORAKIS K., NENGAS I., CHRISTOPHILOGIANNIS P., YIAGNISI M., KOUTSODIMOU M., ANDRIOPOULOU A. y ALEXIS M. 1998. Stress-related pathology seems a significant obstacle for the intensive farming of common dentex, *Dentex dentex* (Linnaeus 1758). *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 18: 15-18.
- RIGOS G., PAVLIDIS M. y DIVANACH P. 2001. Host susceptibility to *Criptocaryon* sp. infection of Mediterranean marine broodfish held under intensive culture conditions: a case report. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 21: 33-36.
- RUEDA F.M. y MARTÍNEZ F.J. 2001. A review on the biology and potencial aquaculture of *Dentex dentex*. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 11: 57-70.
- SALATI F., CUBADDA C., VIALE I. y KUSUDA R. 2005. Immune response of sea bass *Dicentrarchus labrax* to *Tenacibaculum maritimum* antigens. *Fish. Sci.*, 71 (3): 563-567.
- SANTAMARÍA C.A., SALA R., GRAU A., PASTOR E. y CRESPO S. 2001 Aspectos cuantitativos del crecimiento y desarrollo de la larva de dentón, *Dentex dentex*. En: *Convergencia entre Investigación y Empresa: un reto para el siglo XXI*. FERNÁNDEZ-PALACIOS H. e IZQUIERDO M. (Eds.). *Serie Monografías del ICCM*, 4: 242-247.
- SANTAMARÍA C.A., MARÍN DE MATEO M., TRAVESET R., SALA R., GRAU A., PASTOR E., SARASQUETE C. y CRESPO S. 2004. Larval organogenesis in common dentex *Dentex dentex* L. (Sparidae): histological and histochemical aspects. *Aquaculture*, 237: 207-228.
- SARGENT, J., G. BELL., M.V. BELL., R.J. HENDERSON y TOCHER D.R.. 1995. Requirement criteria for essential fatty acids . *J. of Appl. Ichthyol.*, 11: 183-198.

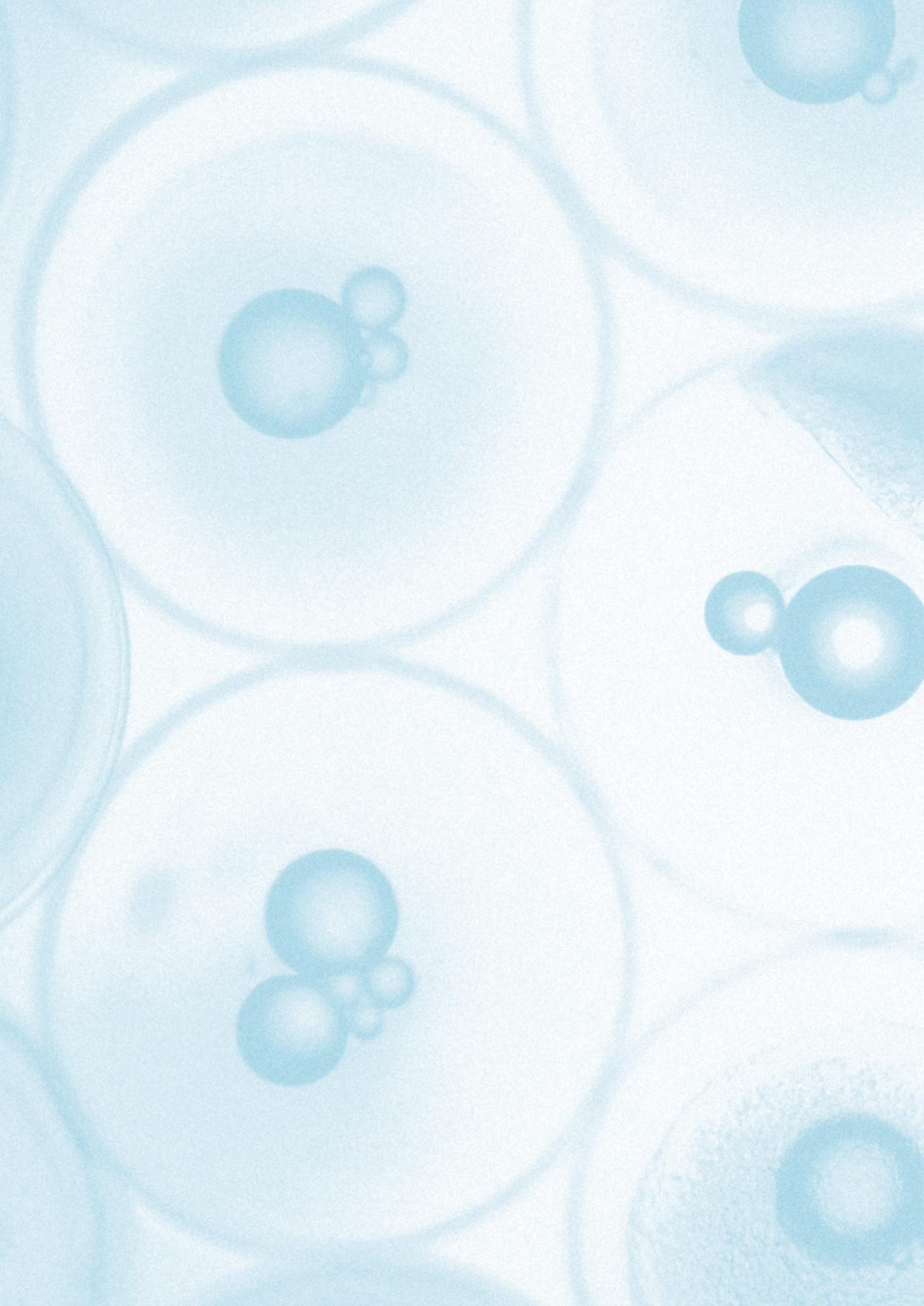


- SARGENT J., BELL G., MACÉVOY L., TOCHER D. y ESTÉVEZ A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition in fish. *Aquaculture*, 177 (1-4): 191-199.
- SITJA-BOBADILLA A., PUJALTE M.J., BERMEJO A., GARAY E., ÁLVAREZ-PELLITERO P. y PÉREZ-SÁNCHEZ J. 2007. Bacteria associated with winter mortalities in laboratory-reared common dentex (*Dentex dentex* L.). *Aquacult. Res.*, 38 (7): 733-739.
- SKALLI A., HIDALGO M.C., ABELLÁN E., ARIZCUN M. y CARDENETE G. 2004. Effects of dietary protein/lipid ratio on growth and nutrient utilization in common dentex (*Dentex dentex* L.) at different growth stages. *Aquaculture*, 235: 1-11.
- SORGELOOS P., DHERT P. y CANDREVA P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200: 147-159.
- SUÁREZ C., VALDÉS P., ABDEL I., GARCÍA-ALCÁZAR A. y ABELLÁN E. 2003. Localización de malformaciones de columna en juveniles de dentón (*Dentex dentex*). En: *Libro de resúmenes del IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Cádiz, 12-16 de mayo. pp: 345-346.
- TIBALDI E., BERALDO P., VOLPELLI L.A. y PINOSA M. 1996. Growth response of juvenile dentex (*Dentex dentex* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets. *Aquaculture*, 139: 89-97.
- TORTONESE E. 1975. Osteichthyes (Pesci Ossei). Part 2. XI. En: *Fauna d'Italia*. Ed. Calderini Bologna, Italia. pp. 97-98.
- TULLI F. y TIBALDI E. 1997. Changes in amino acids and Essential fatty acids during early larval rearing of dentex. *Aquacult. Int.*, 5: 229-236.
- WATANABE T. y VASSALLO-AGIUS R. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture*, 227: 35-61.

9

CULTIVO DE ESPÁRIDOS. II: EL BESUGO





CULTIVO DE ESPÁRIDOS. II: EL BESUGO

Mercedes Olmedo Herrero

Centro Oceanográfico de Vigo.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

En Galicia (NO de España) el cultivo de peces marinos estaba restringido al cultivo de rodaballo (*Psetta máxima*) y engorde del salmón del atlántico (*Salmo salar*) en agua de mar. La incorporación de nuevas especies a la acuicultura comercial, con objeto de diversificar la producción y evitar el estado de sobreexplotación al que están sometidos algunos caladeros tradicionales, así como el desarrollo de tecnología tendente a reducir los costes de explotación de las especies cultivadas, son dos de las grandes líneas de actuación en el ámbito del cultivo de peces.

En la década de los 90 el cultivo de besugo (*Pagellus bogaraveo*), se consideró como una alternativa a los cultivos marinos usuales, por presentar esta especie grandes posibilidades debido a su gran valor comercial, su escasez en el mercado y presentar unas características adecuadas desde el punto de vista biológico. Actualmente la tecnología de cultivo de esta especie está bastante desarrollada y se ha podido transferir a la industria, comenzando en el año 2002 el mercado de ejemplares de cultivo de tamaño comercial.

En este trabajo se da una visión general del estado del cultivo de esta especie en sus fases de reproducción, cultivo larvario y engorde. Las puestas de besugo son naturales y obtenidas de forma espontánea. El cultivo larvario se lleva a cabo con el sistema de «agua verde» utilizando para la fase de alimentación viva, rotífero (3-35 días de edad),



artemia nauplios (30-35 días) y artemia de 24-48 horas (35-50). A partir de la edad de 40 días se comienza la introducción de alimento inerte hasta llegar a los 50 días, en que su alimentación es unicamente a base de pienso. La supervivencia alcanzada a esta edad en que los peces están destetados es del 20-30%.

Posteriormente a la fase de preengorde, una vez alcanzados los 10-20 g de peso, se comienza la fase de engorde, obteniéndose los mejores resultados en jaulas en el mar que en tanques en tierra. En esta fase se detectó inicialmente una gran acumulación de grasa en los ejemplares de cultivo comparando con los procedentes del medio natural debido a las condiciones inherentes al cultivo y a la alimentación. Por ello, con el fin de conseguir un pienso específico para el besugo, se han realizado distintos experimentos con piensos de diferente composición partiendo de piensos formulados para otras especies afines.

Palabras clave: Nuevas especies, *Pagellus bogaraveo*, besugo, cultivo, alimentación.

Abstract

*In Galicia (NW Spain) marine fish farming was restricted to the cultivation of turbot (*Psetta maximum*) and the ongrowing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in seawater. The incorporation of new species to the commercial aquaculture to diversify production and prevent overfishing status who are subject to some traditional fishing grounds and development of technology aimed at reducing operating costs of the cultivated species, are two of the main lines of action in the field of fish farming.*

*In the 90's the rearing of blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*), was considered as an alternative to the usual marine culture, presenting great possibilities this species because of its high commercial value, their scarcity in the market and present appropriate characteristics from the biological point of view. Currently the technology culture of this species is well developed and has been transferred to industry, beginning in 2002 the market for fish of commercial-size.*

This paper gives an overview of the state of the culture of this species in their stages of reproduction, larval rearing and farming. The eggs of blacks-



pot seabream were natural and obtained spontaneously. The larval rearing is carried out with the system of "green water" using for live feed phase rotifer (3-35 days old), *Artemia nauplii* (30-35 days old) and brine of 24-48 hours (35-50 days old). From the age of 40 days begins the introduction of inert food up to 50 days, when his power is only based on feed. The survival achieved at this age in which the fish are weaned is 20-30%.

Following the pre-fattening phase, once reached 10-20 g in weight, start the ongrowing phase, obtaining the best results in sea cages than in tanks. In this phase, initially detected a large accumulation of fat in the specimens from culture compared with those from the natural environment due to the conditions of cultivation and to food. Therefore, in order to achieve a specific feed for blackspot seabream, there have carried out various experiments with different feed composition based on feed formulated for other species.

9.1. INTRODUCCIÓN

El besugo, *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768), es un pez teleósteo perteneciente al Orden Perciformes y a la Familia Sparidae.

La familia Sparidae incluye más de 50 géneros entre los que se encuentran los géneros Sparus, Dentex, Diplodus, Pagellus y Pagrus, a los que pertenecen peces con alto valor comercial como la dorada (*Sparus aurata*), el denton (*Dentex dentex*), la dorada japonesa (*Pagrus major*), el sargo común (*Diplodus sargus*), el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*) y cuyo cultivo está en diferentes niveles de desarrollo.

El género *Pagellus* en Galicia está representado por el besugo (*Pagellus bogaraveo*) y el aligote (*Pagellus acarne*) y es el besugo la especie de mayor interés comercial.

El besugo tiene el cuerpo oblongo y la parte superior del perfil de la cabeza curvada; el diámetro de los ojos más largo que la longitud del hocico. La coloración de fondo es rosada, plateada en los flancos y el vientre. Presenta una mancha negra, bien marcada al comienzo de la línea lateral y sobre las aletas pectorales, que falta en los ejemplares jóvenes. Las aletas son rosadas más o menos brillantes y la parte interna de la boca es anaranjada.

Vive sobre diferentes tipos de fondos (roca, fango ó arena), en sus etapas juveniles cerca de la costa, mientras que los adultos viven en



aguas más profundas, generalmente en el talud continental, a 400 m en el Mediterráneo y a 700 m en el Atlántico. Es una especie gregaria y omnívora, pero preferentemente carnívora, alimentándose de invertebrados pelágicos, huevos de peces, larvas y juveniles.

Su talla máxima es de 70 cm, siendo lo más común encontrar ejemplares entre 25 y 35 cm. La época de reproducción varía dependiendo de la región: agosto-octubre en las Islas Británicas; enero-abril en la Bahía de Biscay; enero-marzo en Marruecos; enero-mayo en el Mediterráneo (Bouchot y Hureau, 1986). En el Cantábrico y el Atlántico la época de reproducción es aproximadamente desde el mes de febrero hasta el de mayo.

El besugo presenta hermafroditismo proterándrico. En estadios juveniles se encuentran individuos con tres tipos de gónadas diferentes (Krug, 1990): un 29% de la población son machos con testículos funcionales, el 38% hembras con ovarios funcionales y parte de los testículos degenerados y un 32% de hermafroditas que presentan ovotestis no funcionales.

Se realizaron numerosos estudios de edad y crecimiento por varios autores. La primera madurez, es decir la longitud a la que el 50% de los peces son maduros, es descrita por Krug (1989, 1990, 1998) en Azores, en los machos a los 27,7 cm de longitud (5 años) y en las hembras, a los 34,6 cm de longitud (8 años), por Sánchez (1983) en el Cantábrico a los 35 cm y 650 g con 5 años de vida y por Olivier (1928) en Inglaterra a los 4 años con una longitud de 19-20 cm.

El área de distribución del besugo se extiende por el Atlántico, desde Noruega hasta Cabo Blanco, Madeira y Canarias, y es común en el Mediterráneo, aunque está prácticamente ausente en el mar Negro (Bouchot y Hureau, 1986) (Figura 1).

Es objeto de una importante pesquería en las costas gallegas debido a su gran aceptación en los mercados. La pesca del besugo se realiza con palangre y con línea. Los ejemplares juveniles se acercan a la costa en los meses estivales. Según los datos suministrados por el Servicio de Estadística de la Consellería de Pesca (ahora Consellería do Mar) de la Xunta de Galicia, el volumen de capturas de besugo en Galicia alcanzó entre 320 y 367 t anuales entre los años 1994 y 1996 que se incrementaron hasta alcanzar 905 t en el año 1997. A partir del año 1998 las

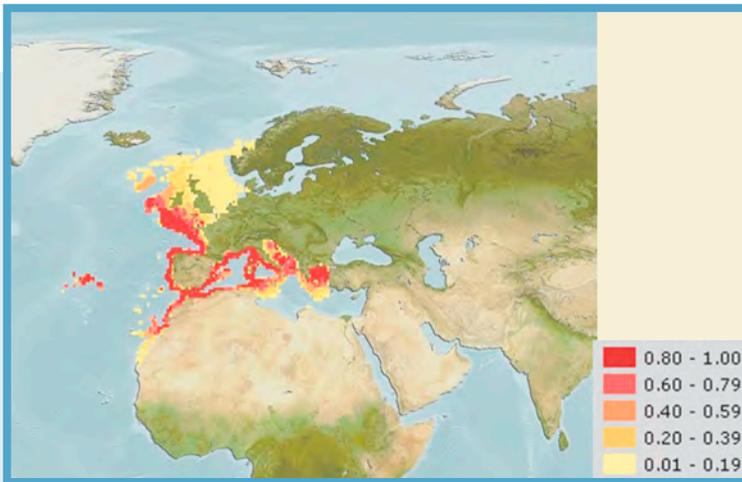


FIGURA 1.

Área de distribución del besugo (*Pagellus bogaraveo*) y probabilidad relativa de incidencia en cada zona.

capturas descendieron de forma importante (350 t en el año 1998 y tan solo 199 t en el año 1999) y a partir del año 2000 hasta la actualidad, las capturas oscilaron entre 43 y 232 t (Figura 2).

Los motivos para considerar el cultivo de esta especie una alternativa a los cultivos marinos usuales fueron el descenso en las capturas en el medio natural y su alto valor comercial (Peleteiro *et al.*, 1999).

Los primeros estudios del cultivo del besugo llevados a cabo en España datan de principios de la década de los años noventa (Chereguini *et al.*, 1990; Fernández Pato *et al.*, 1990; Martínez-Tapia *et al.*, 1990; Peleteiro *et al.*, 1994), coincidiendo con el comienzo y desarrollo de la producción industrial del rodaballo (de 300 a 1 100 t desde 1990 a 1992). En ese momento, la industria del rodaballo sufrió una grave crisis como consecuencia de un colapso en el mercado y fue cuando se empezó a buscar una especie alternativa a este cultivo que permitiera diversificar los riesgos de una industria ya de por sí considerada de alto riesgo tanto por la fragilidad de las especies como por la estabilidad del mercado.

En España una sola empresa se dedica a la producción de besugo (Luso Hispana de Acuicultura S.L.). Los primeros datos de producción

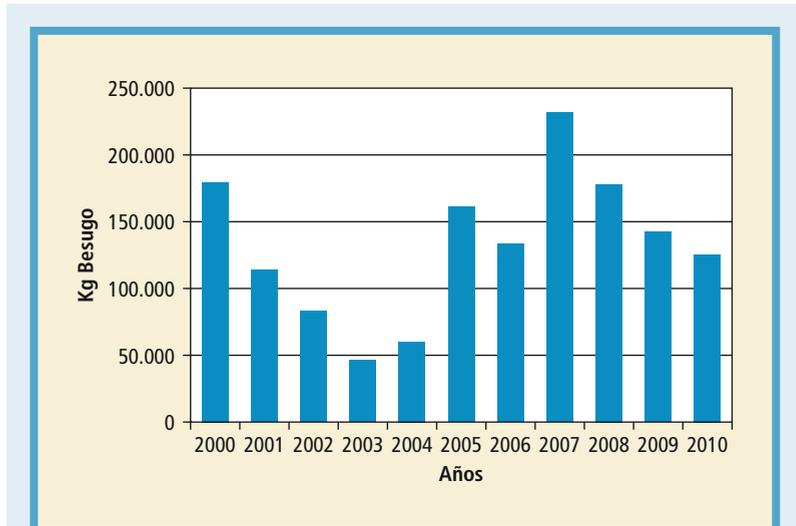


FIGURA 2.

Capturas de besugo en Galicia en los últimos 10 años (t/año).
Datos del Servicio de Estadística de la Consellería de Pesca/
Consellería do Mar. Xunta de Galicia.

publicados (Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos, JACUMAR) son de 48,05 t del año 2004 y los últimos en el 2009, de 183, 54 t sin haber sobrepasado ningún año las 200 t. Esta empresa dedica su actividad a otras especies de cultivo.

9.2. CULTIVO DE BESUGO

9.2.1. Reproducción y puesta

La época de reproducción del besugo en el medio natural varía en función de la latitud y la longitud así en las Islas Azores ocurre entre enero y abril con un pico en la actividad de la puesta entre febrero y mayo (Krug. 1986) en el Cantábrico la época de puesta es similar (Sánchez, 1983), sin embargo en Inglaterra las puestas comienzan en septiembre y termina en octubre (Olivier, 1928).

En cautividad coincide mas o menos con estos periodos así en el Cantábrico la época de reproducción va desde marzo a mayo



(Fernández-Pato, 1990) y en Galicia desde finales del mes de enero hasta mayo (Olmedo *et al.*, 1998).

El besugo presenta hermafroditismo proterándrico, siendo la primera madurez en los machos a los 5 años y en las hembras a los 8 años (Krug, 1990). Sánchez (1983) encuentra que los individuos salvajes en el Cantábrico no alcanzan la primera madurez sexual hasta los cinco años, cuando tienen un peso de 650 g y 35 cm de longitud.

Sin embargo en cautividad las primeras puestas en individuos capturados en el medio natural, se llevan a cabo a partir del tercer año de cautividad (cuarto año de vida). (Fernández-Pato *et al.*, 1990). En el CO de Vigo del IEO, ejemplares nacidos en cautividad realizan sus primeras puestas viables a la edad de cuatro años (com. personal).

La fecundidad estimada de besugo en el medio natural (Krug, 1990) está en un rango entre 73 000 y 1 500 000 ovocitos para hembras entre 29 y 41 cm. de longitud. Sin embargo es lógico pensar que al tratarse de peces con hermafroditismo proterándrico, los machos maduren considerablemente antes que las hembras.

El besugo en cautividad necesita de grandes volúmenes para la obtención de puestas naturales. Fernández-Pato *et al.* (1990), obtienen puestas en tanques de 10 m³ con una densidad de carga de 3 kg m³. Sin embargo Peleteiro *et al.* (1997) obtienen puestas viables en tanques de 32 m³ y una densidad de carga 1,7 kg/m³, después de realizar un cambio de termoperíodo constante (14 °C), a termoperíodo natural (12-21 °C), lo que induce a pensar en el termoperíodo como el desencadenante del proceso de maduración gonadal.

Parece estar claro que cuanto mayor sea el volumen del tanque mejores resultados se obtienen en puestas naturales. Los resultados han mostrado que los besugos mantenidos en tanques de 120 m³ de volumen y 3 m de profundidad, alimentados con un pienso comercial específico para reproductores, ponen espontáneamente en condiciones naturales de luz y temperatura. Así la obtención de puestas naturales tiene lugar bajo condiciones de termoperíodo natural (12-21 °C) y fotoperíodo natural.

Las hembras de besugo tienen ciclos ovulatorios con un periodo aproximado de 48 horas y cada ovulación tiene entre 20 y 30 ml de huevos por hembra de 1-1,5 kg (Peleteiro *et al.* 1997), lo cual crea la



necesidad de disponer de un buen stock de reproductores para obtener una cantidad aceptable de huevos para su incubación y cultivo larvario. La producción de huevos en cautividad es aproximadamente de 600 000 huevos/kg de hembra.

Las puestas son recogidas por rebosamiento en un colector con malla de 500 μm . La fecundación se realiza de madrugada de forma que los huevos en el momento de ser recogidos, aproximadamente cuatro horas después de la fecundación, están ya en fase de mórula o blástula.

Se han realizado pruebas de inducción a la puesta en besugo, utilizando dosis progresivas de 5, 10 y 15 μg de LHRHa a intervalos de dos semanas entre cada dosis (Peleteiro *et al.*, 1997). Las hembras inyectadas estaban ya en estados avanzados de madurez, sin embargo no hubo ninguna reacción positiva a este tipo de inducción.

Patti y Micale (1993), examinan la posibilidad de manipulación de fotoperíodo de cómo sistema de control observando un incremento de peso en detrimento de la madurez sexual y un incremento de la densidad de los melanocromatóforos en los individuos a los que se les había manipulado el fotoperíodo.

Uno de los problemas principales del cultivo de esta especie se halla en la formación de un buen stock de reproductores (Peleteiro *et al.*, 2000). La obtención de adultos del medio natural es complicada debido a la profundidad a la que habitan. Al izarlos a la superficie aunque se lleve a cabo con lentitud, en la mayor parte de los casos sufren una gran expansión de la vejiga natatoria y exoftalmia (Peleteiro *et al.*, 2000), lo que causa una alta mortalidad.

La mejor manera de conseguir unos reproductores en buen estado es realizando pescas de juveniles con línea, transportarlos a la planta de cultivos y estabularlos en tanques de una profundidad mínima de 1,5 m. La aclimatación es sencilla y muy pronto los peces comienzan a aceptar pienso comercial granulado. Sin embargo este procedimiento hasta alcanzar los peces el tamaño de maduración es largo ya que esta especie tiene un crecimiento lento. Con la captura de ejemplares juveniles anuales se consigue tener siempre stocks de reproductores sanos y saludables.

Actualmente se está investigando en la obtención de puestas a partir de ejemplares nacidos en cautividad y evitar de esa manera el esfuer-



zo de pesca extractiva de adultos y facilitando además una adecuada selección genética para obtener mejores resultados en el cultivo.

En cuanto a patologías de individuos adultos es necesario citar que tanto la exoftalmia como la disfunción de la vejiga natatoria, pueden aparecer en situaciones de estrés, lo que les produce una anormal flotabilidad y por lo tanto gran dificultad para poder alcanzar el alimento. Es de gran importancia por tanto evitar el manejo de los reproductores. Se han conseguido solucionar estos problemas en peces adultos aclimatados a cautividad, extrayéndoles el aire con una jeringa (Peleteiro *et al.*, 2000). En el caso de tratar la exoftalmia de este modo, los ejemplares no recuperan la vista y la coloración del cuerpo se vuelve oscura, sin embargo siguen comiendo y buscando el alimento en el fondo del tanque.

Presentan gran sensibilidad a la turbidez en el agua y se pueden producir mortalidades masivas por problemas de este tipo, derivados de malos manejos en la limpieza de fondo y paredes e incluso de la turbidez provocada por temporales o elementos ajenos a la instalación. Para evitar este inconveniente es preferible mantenerlos en agua filtrada por medio de filtros de arena.

La alimentación de los reproductores consiste en un pienso húmedo elaborado en el laboratorio a base de harina de pescado específica para reproductores y agua. En la época previa a la reproducción se les suministra también calamar o sepia con el fin de mejorar la producción de huevos y el porcentaje de huevos viables.

9.2.2. Incubación

Los huevos son recogidos por el rebosadero del tanque de reproductores en donde se coloca un colector con malla de luz de 500 μm . Son pelágicos, esféricos, transparentes y tienen un diámetro de $1,19 \pm 0,02$ mm y una sola gota de grasa de 0,25 mm de diámetro. El desarrollo embrionario es descrito por Peleteiro *et al.* (1997) y dura 54 horas a 14 ± 1 °C desde el momento de la recogida, ó 58 horas desde la supuesta hora de fecundación (Figura 3).

Una vez calculado el volumen de la puesta (870 ± 46 huevos/ml), los huevos son transferidos a los incubadores. La incubación se realiza en tanques cilíndricos de 110 l. El porcentaje de eclosión de hue-

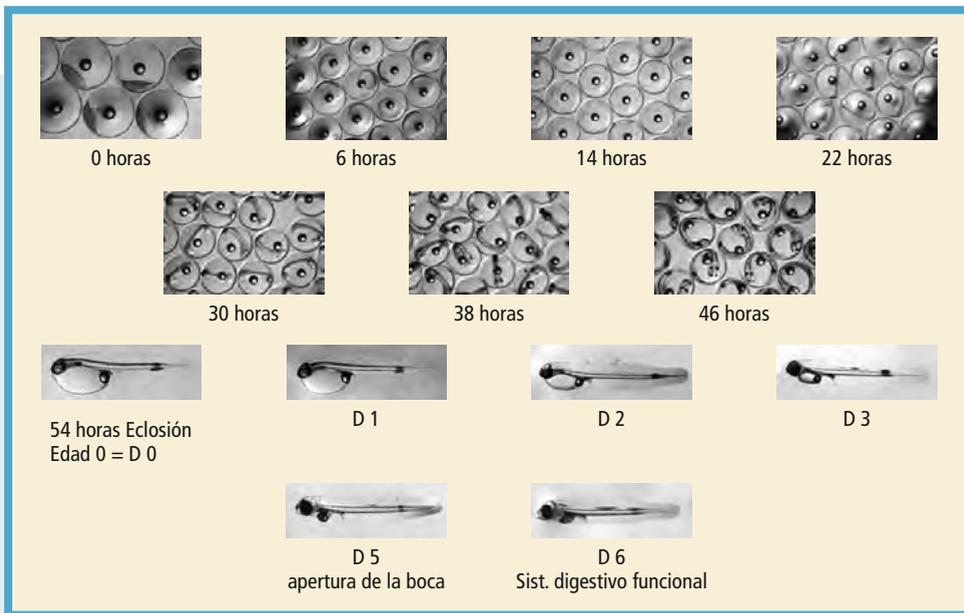


FIGURA 3.

Desarrollo embrionario y consumo del saco vitelino de besugo (Peleteiro *et al.*, 1997).

vos recolectados procedentes de puestas naturales es aproximadamente de un 50% calculándose sobre el huevo fecundado incubado.

Las larvas en el momento de la eclosión miden $3,7 \pm 0,09$ mm de longitud. El saco vitelino ocupa aproximadamente dos terceras partes de la longitud de la larva. La longitud y altura del saco vitelino son $1,27 \pm 0,06$ mm y $0,52 \pm 0,07$ mm, respectivamente (Peleteiro *et al.*, 1997). Las larvas son mantenidas en los incubadores con agua corriente y aireación constante hasta el día previo a la apertura de la boca en que son transferidas a los tanques de cultivo larvario.

Desde el momento de la eclosión hasta la apertura de la boca transcurren aproximadamente 115 horas a 14 °C, y 138 horas hasta tener el sistema digestivo totalmente funcional. (Peleteiro *et al.*, 1997). La longitud total de la larva en este momento es de $4,92 \pm 0,05$ mm y es a partir de aquí que empieza realmente el cultivo larvario (Figura 3).

Un día antes de que las larvas hayan consumido por completo su saco vitelino son transferidas a los tanques de cultivo larvario.



9.2.3. Cultivo Larvario

Los primeros resultados de crecimiento larvario obtenidos en cultivo estándar fueron prometedores y comparables a los del cultivo de larvas de otros espáridos (Olmedo *et al.*, 1998). Para conocer las necesidades nutricionales se realizó el análisis de la composición bioquímica de las larvas a lo largo de su crecimiento (Linares *et al.*, 2000a) y de las larvas alimentadas con rotífero y *Artemia* enriquecidos con tres microalgas diferentes. Los mejores resultados respecto a la composición de los ácidos grasos, DHA y EPA, se obtuvieron cuando se utilizaron *Isochrysis* y *Nannochloropsis* respectivamente (Linares *et al.*, 2002, 2003). Posteriormente con el fin de entender las necesidades nutricionales y el crecimiento de esta especie, se realizaron estudios de la actividad de las enzimas digestivas en diferentes estadios de desarrollo de las larvas (Ribeiro *et al.*, 2008) y de los mecanismos de la diferenciación y crecimiento muscular (Silva *et al.*, 2008, 2009).

9.2.3.1. Sistema y condiciones de cultivo

El sistema de cultivo de larvas de besugo utilizado actualmente es el de «agua verde», añadiendo al medio *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis sp.* (125 000 y 100 000 células/ml respectivamente).

Para la preparación del tanque de cultivo se añade agua filtrada por 1 µm, con la temperatura igual que la de los tanques de incubación y se suministra una aireación suave. Posteriormente se introduce el fitoplancton y es entonces cuando se transfieren las larvas al tanque a una densidad 10-15 larvas/l.

Es necesario colocar limpiadores de superficie para conseguir un buen intercambio de gases agua-aire y evitar que haya problemas en el momento del desarrollo de la vejiga natatoria.

La temperatura del agua se eleva gradualmente hasta 19-20 °C, temperatura a la que se mantiene durante todo el cultivo.

9.2.3.2. Secuencia de alimentación

El primer alimento de las larvas es a base de rotífero (*Brachionus plicatilis*) a densidades no superiores a los 10 rot/ml hasta el día 30 (D30), en que se añaden nauplius de *Artemia* (A0) solapándose con la alimentación con rotífero durante algunos días. Unos días más tarde

(D33-35), ya sin presencia de rotífero en el medio de cultivo, se añade Artemia de 24h (A1) y después de 48 h (A2), enriquecida con *Isochrysis galbana* o con enriquecedores artificiales del DHA-SELCO (INVE España). A partir del D45 se comienza el destete alternando la administración de pienso fabricado por SKRETTING para ese fin, con A2 hasta el D50 aproximadamente en que los peces están completamente destetados (Figura 4).

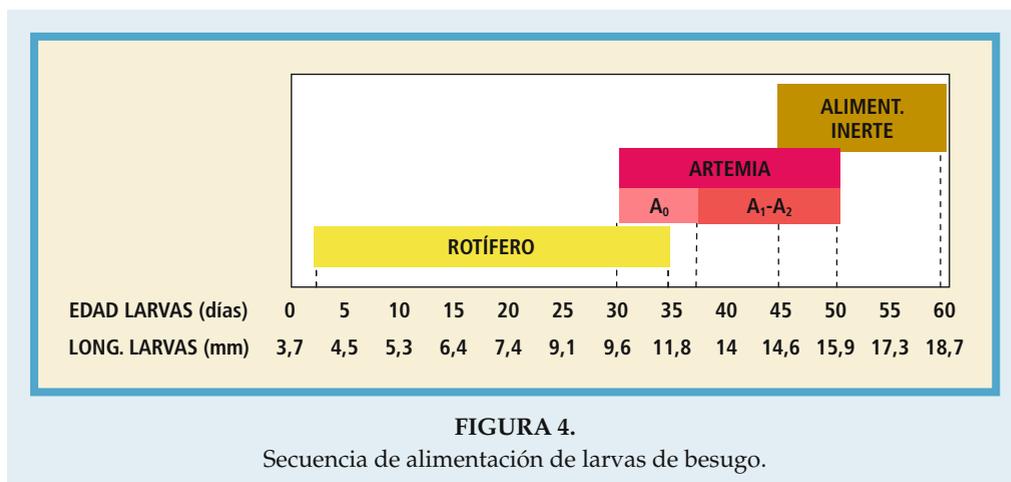


FIGURA 4.
Secuencia de alimentación de larvas de besugo.

9.2.3.3. Renovaciones del medio y limpieza de los tanques de cultivo

El cultivo se mantiene estanco durante los primeros días de cultivo. A partir del sexto día aproximadamente se comienza la renovación del medio de un 25% del volumen total del tanque. Desde el décimo día de cultivo, el circuito de agua se mantiene abierto durante cinco horas (150%) y cuando ya la alimentación de las larvas es únicamente a base de Artemia, durante 10-12 horas/día. Desde el momento en que se comienza a administrar pienso el circuito se abre durante las 24 horas.

Cuando se utilizan tanques de pequeño volumen (1-3 m³) a partir del día 12.º día de cultivo, es necesario realizar una limpieza del fondo y las paredes de los tanques. Para ello, se saca el difusor de aire y las larvas suben a la superficie y se limpia el fondo suavemente. Después



se baja el volumen, al menos 1/3 del tanque y posteriormente se limpian las paredes del tanque y se rellena con agua filtrada muy lentamente hasta volver al mismo volumen.

En los tanques de 10 m³ o mayores, en donde la altura del agua es mayor de 1,5 m, no es necesario realizar estas limpiezas ya que las larvas se mantienen en la columna de agua y no tienen contacto con el fondo. Los mejores resultados se obtienen en este tipo de tanques en donde la manipulación es mínima.

9.2.3.4. Controles del medio de cultivo

Todos los días se controla la temperatura (18-20 °C) y la concentración de oxígeno disuelta en el medio (90-100% saturación) y periódicamente la salinidad (34-35 ppt), pH (7,5-8,0), amonio y nitritos disueltos. Estos dos últimos parámetros se utilizan como índices de degradación del medio de cultivo. Como precaución no se permite que el nivel de amonio y de nitritos supere 0,020 y 0,5 ppm respectivamente, renovando parte del medio de cultivo cuando se alcanzan estas concentraciones.

9.2.3.4.1. Control del alimento vivo

El alimento vivo, tanto rotífero como Artemia, se administra en cuatro tomas diarias realizando un recuento previo del número de individuos.ml⁻¹ que se halla el medio, con el fin de mantener la densidad de alimento adecuada. De esta forma se consigue administrar el alimento de forma más controlada para que las larvas no carezcan de alimento o por el contrario si estuvieran en exceso, evitar que permanezcan en el medio, organismos sin enriquecer o de mayor tamaño.

Los recuentos se realizan tomando muestras del medio de cultivo y tamizándolas por mallas de 40-100 µm (dependiendo del tamaño de la presa). Posteriormente bajo una lupa binocular se cuenta el número de rotíferos y Artemias presentes.

9.2.3.5. Crecimiento y supervivencia

Las larvas de besugo presentan un peso seco medio inicial de 50 µg al consumo del saco vitelino y alcanzan un peso seco medio de 7 mg a la edad de 40 días que se corresponde con un peso húmedo de 45 mg. Dos meses después alcanzan un peso de 2g. (Olmedo *et al.*, 1998, 2005).

Analizando los datos de crecimiento de las larvas se obtiene la ecuación de crecimiento en peso (Figura 5) y la relación talla-peso de las larvas (Figura 6).

Con este sistema de cultivo el porcentaje de supervivencia es entre 20-30% a la edad de 50 días momento en que los peces están completamente destetados.

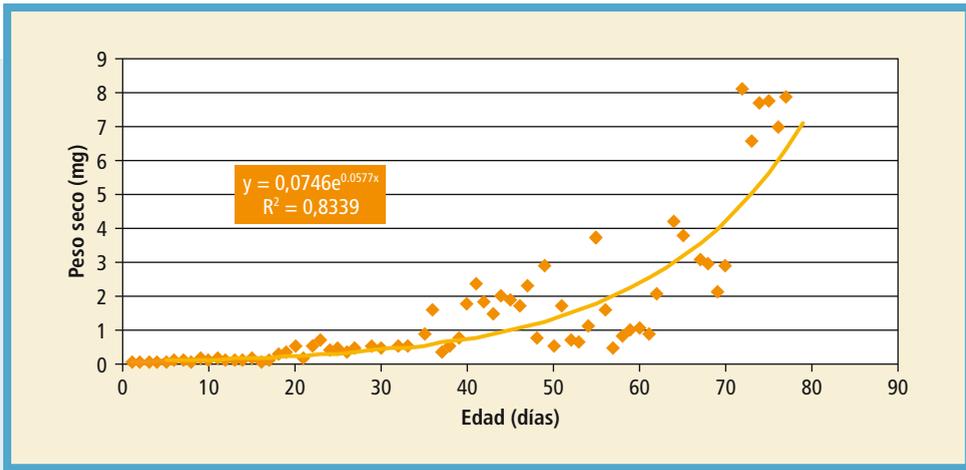


FIGURA 5.
Curva de crecimiento de las larvas de besugo.

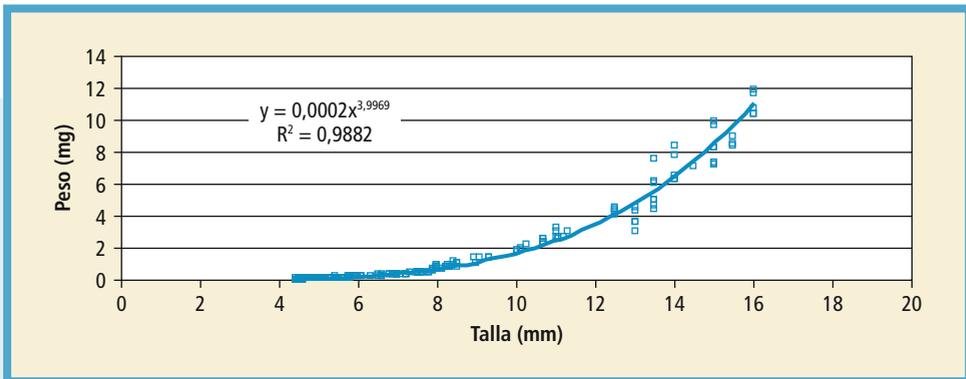


FIGURA 6.
Relación talla-peso de larvas de besugo.



Los mayores inconvenientes del cultivo son las malformaciones siendo la de mayor frecuencia la carencia de opérculo que puede alcanzar el 10%, sin embargo la lordosis es menor de un 0,6%. Este problema es de gran importancia a la hora de la comercialización así que a nivel producción, los alevines carentes de opérculo se desechan desde el momento que es visible (Olmedo *et al.*, 2005).

Se han obtenido alevines procedentes de puestas de F1 con un 100% de opérculos (com. personal IEO-CO de Vigo del año 2010 sin publicar).

9.2.3.6. Destete. Transferencia de alimento vivo a alimento inerte

En la actualidad, con los piensos disponibles en el mercado, no existen problemas para la aceptación del alimento inerte por parte de las larvas de besugo. A partir del D40-45, se comienza la introducción del pienso del tamaño 300-500 μm y se observa que pronto las larvas se acercan y lo prueban. A partir de este momento se comienza a alternar dosis de artemia (reduciendo el número de individuos/dosis) y de pienso cada 2 horas aproximadamente. Después de 2 o 3 días, el pienso se puede administrar automáticamente y los peces lo aceptan como único alimento y pueden prescindir de la Artemia utilizando las últimas tomas como alimento extra. La alimentación a base de pienso es mucho más completa y equilibrada ya que está formulada para peces en esta fase y la Artemia a pesar de ser enriquecida con fitoplancton o con productos comerciales equilibrados, siempre puede ser de calidad variable.

Desde que se abre el circuito de agua de los tanques, se realizan tratamientos periódicos de formol (35%) y oxitetraciclina (OTC) a las larvas para evitar posibles infecciones: En el caso de larvas de hasta 1 g de peso se tratan con 2 baños semanales de formol (1/7 500-9 000) y 1 baño semanal de OTC (10mg/l).

Posteriormente, cuando los peces pesan entre 1 g y 2 g, se disminuye la frecuencia de los tratamientos y se aumenta la dosis, realizando cada 15 días dos baños de formol (1/7 000) y uno de OTC (15 mg/l).

Con este tipo de tratamientos no se han observado ningún tipo de infecciones en los tanques de cultivo larvario.

9.2.4. Preengorde

Los primeros trabajos de preengorde se realizaron con peces de 2 g de peso medio inicial situados en tanques con agua a temperatura ambiente ($16 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), alcanzando un peso medio de 25 g a los 100 días de experimento (Figura 7) (Olmedo *et al.*, 1997)

También se experimentó la comparación del crecimiento con agua a dos temperaturas, ambiente ($16 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) y caliente ($19 \text{ }^\circ\text{C}$) y los resultados mostraron que un aumento de la temperatura del agua mejora el crecimiento del besugo entre 2 y 20 g de peso (Olmedo *et al.*, 1997).

Una vez que los peces se alimentan de pienso inerte exclusivamente, se pueden trasladar a tanques de mayor tamaño en los que los controles son menos exhaustivos. El tamaño del gránulo de pienso de destete se va aumentando, a $500\text{-}800 \text{ }\mu\text{m}$, $800\text{-}1200 \text{ }\mu\text{m}$, hasta empezar a la edad de 5-6 meses (9-20 g de peso medio) a administrarles gránulo de 2 mm, momento en que se pueden trasladar a las jaulas de engorde.

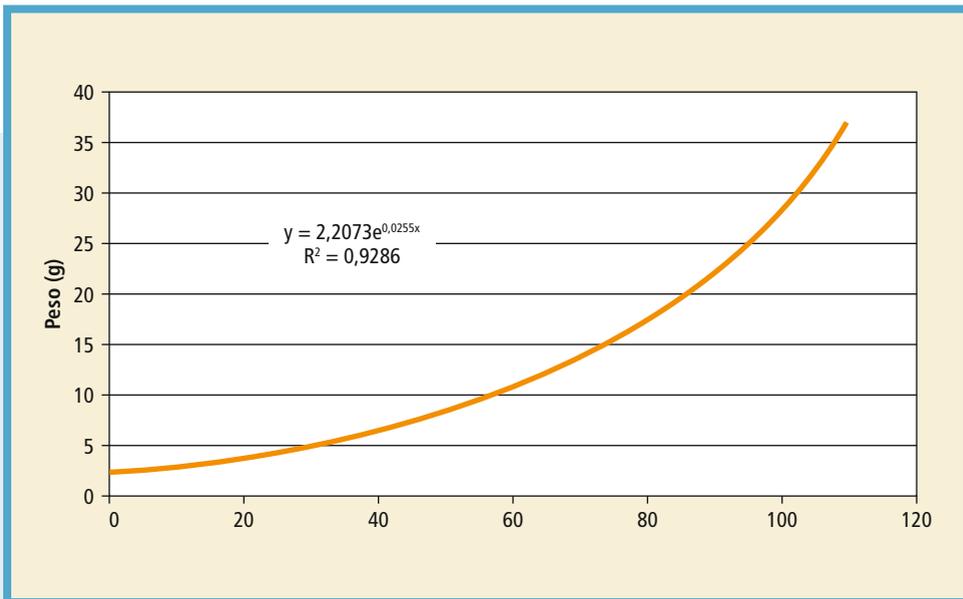


FIGURA 7.
Crecimiento de besugo en fase de preengorde.



9.2.5. Engorde

La tasa de crecimiento del besugo es muy baja comparando con otras especies de espáridos cultivados (Izquierdo *et al.*, 2003) y siempre va asociada a una deposición alta de lípidos (Linares *et al.*, 2000b, 2001b; Silva *et al.*, 2006). Por el interés del besugo como especie apta para su cultivo se han realizado numerosos estudios dirigidos a lograr un pienso adecuado a la especie. Silva *et al.* (2006) estimó el nivel óptimo de proteína bruta para la dieta de juveniles de besugo (400 g kg^{-1} materia seca).

Desde los primeros trabajos se pudo ver que los peces engordados en jaulas en el mar presentaban un mejor aspecto y mayor crecimiento que en tanques en tierra (Figura 8) (Linares *et al.*, 2001a; Olmedo *et al.*, 2000, 2002), por lo que la fase de engorde se realiza siempre en jaulas.

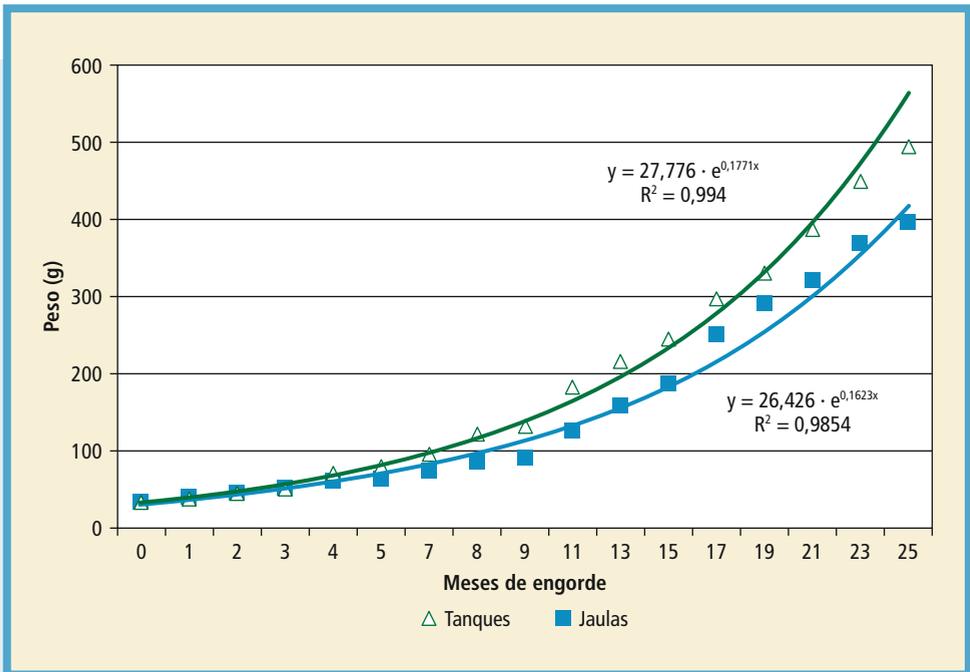


FIGURA 8.

Crecimiento de besugo en fase de engorde en tanques en tierra y en jaulas en el mar.

Los peces de tamaño comercial (500 g) presentaban además de un mayor porcentaje de grasa en su composición corporal, comparando con los ejemplares procedentes del medio natural (Linares *et al.*, com. personal) (Figura 9), un mayor porcentaje de la grasa perivisceral (inicialmente hasta un 7% del peso corporal) (Linares *et al.*, 2004; Olmedo *et al.*, 2005). Este problema ha existido en el comienzo de la producción de numerosas especies de cultivo, y es necesario resolverlo a la hora de su comercialización.

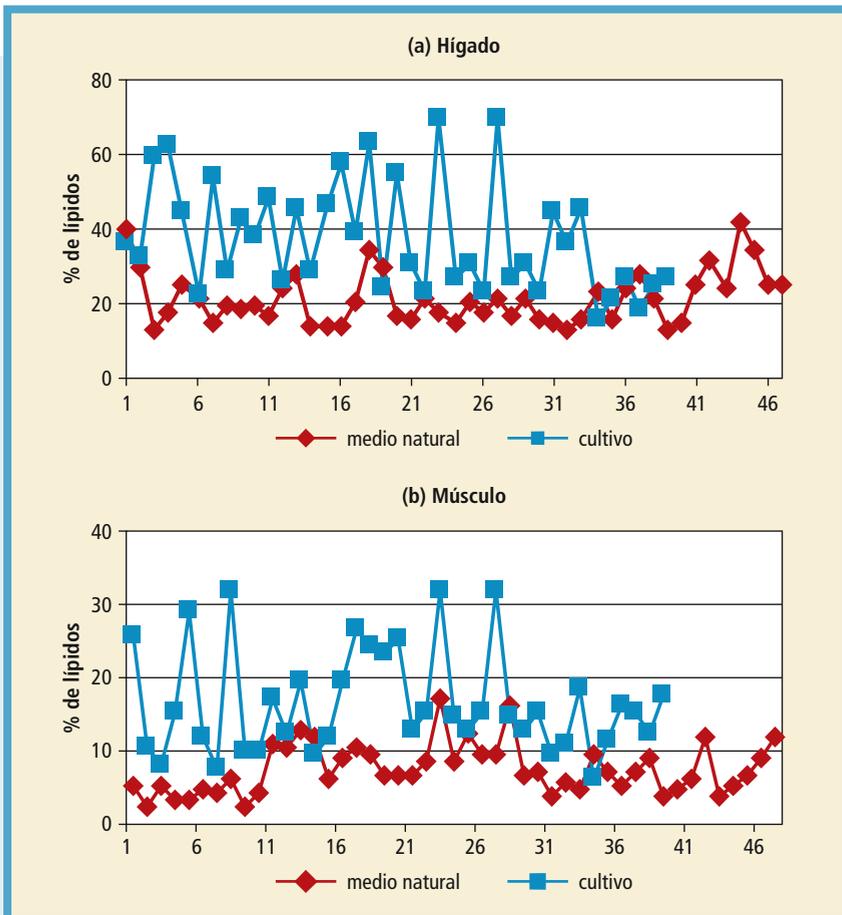


FIGURA 9.

Comparación de la composición en lípidos del hígado y el músculo de besugos de medio natural y de cultivo (Linares *et al.*, 2000).



Los principales objetivos de los experimentos eran la consecución de un pienso específico, evitar la acumulación de grasa y aumentar la velocidad de crecimiento de los ejemplares. A continuación se detallan diversos experimentos realizados en esta fase de engorde:

- El primer trabajo se llevó a cabo en tanques, durante un periodo de seis meses, utilizando cuatro piensos comerciales de diferente calidad y composición de proteínas y de lípidos (P/L) (54/16, 50/24, 42/14, 43/22). Los resultados obtenidos con alevines de peso medio inicial 25 g indicaron que la calidad proteica de la dieta tiene una gran influencia en el crecimiento, aunque debe de ir acompañada de un contenido graso no excesivamente alto, obteniéndose los mejores resultados con el pienso de composición proteína/grasa del 54/16% (Linares *et al.*, 2001b).
- Engorde de besugo con piensos de distinto contenido graso 16 y 10%. Comparación del crecimiento en tanques y jaulas. Se realizaron experimentos con grupos de peces de peso medio inicial aproximado de 300 g y de 100 g introduciendo en este último, un nuevo pienso de 16% de grasa con un aromatizante de calamar. En el primer experimento de 10 meses de duración (peso inicial 300 g, peso final 520 g) tanto en tanques como en jaulas, no hubo diferencias significativas en el crecimiento de los besugos alimentados con los diferentes piensos (Linares *et al.*, 2004). En el siguiente experimento los peces de 100 g de peso medio inicial alcanzaron 275 g de peso medio tras 9,5 meses de engorde y tampoco hubo diferencias en el crecimiento de los peces alimentados con los tres diferentes tipos de piensos (Olmedo *et al.*, 2005). En cuanto a la composición bioquímica de los ejemplares, en el hígado no se encontraron diferencias en proteína y grasa pero en el músculo se observó un mayor contenido lipídico en los peces alimentados con pienso del 16% de grasa.
- Engorde de besugo con piensos de diferente composición proteína/grasa (P1 50/5, P2 52/8 y P3 62/7). El diseño de este experimento se realizó bajo la hipótesis de que el engorde de besugo, a base de piensos de contenido inferior al 10% en grasa, podría influir en la composición de los ejemplares. El porcentaje de grasa de los piensos fue substituido en parte, por hidratos de carbono



procedentes de distintas materias primas para comprobar si se podría conseguir una reducción en la deposición lipídica y un producto final de mayor aceptación por el consumidor. Los resultados de este experimento respecto el porcentaje de grasa en el hígado, parecen semejantes a los de peces alimentados con otros piensos más ricos en grasas por lo que podría ser que los carbohidratos de estas dietas sean transformados en grasa por los peces. Así parece que la cantidad P/L no afectó a la deposición de lípidos en el hígado cuando los niveles de carbohidratos aumentaron en el alimento. Los porcentajes de lípidos en músculo son inferiores a los verificados con dietas con niveles superiores de grasa y similares a los valores encontrados en otras especies de acuicultura ya consolidadas. (Olmedo *et al.*, 2007; Valente *et al.*, 2010).

- Engorde de besugo con diferentes tasas de alimentación. Ya que los resultados, de experimentos anteriores en los que se había substituido parte de los lípidos del pienso por carbohidratos fueron similares a los de peces alimentados con piensos más ricos en grasa, en cuanto a composición en lípidos en hígado se refiere (Olmedo *et al.*, 2007), se realizó un nuevo ensayo de engorde para ver si la cantidad de pienso ingerida puede tener influencia en el porcentaje de grasa acumulado en los peces. Así se diseñó un experimento de engorde de besugo en jaulas, utilizando como alimento un pienso comercial (B-3: 50/10) y tres tasas de alimentación (1%, 2% y 2,5%) con el objetivo de comprobar si las diferentes tasas de alimentación tienen una influencia en el crecimiento y el contenido graso del hígado y músculo de los ejemplares (Olmedo *et al.*, 2009). Aunque los datos de los primeros muestreos indican una ligera diferencia en el crecimiento de los diferentes grupos, sin embargo al final del ensayo no se observan diferencias significativas entre los grupos alimentados con las diferentes tasas de alimentación. En cuanto a la composición bioquímica, se observa un incremento en el contenido proteico del músculo, alcanzando un 78,48% del peso seco en los ejemplares que han sido alimentados con la tasa del 2,5%, frente al 65,9% de los alimentados con las tasas de alimentación del 1 y 2%. Los lípidos totales varían en el músculo entre el 8,38 y el 10,28% no



existiendo diferencias significativas entre los ejemplares alimentados con diferentes tasas. El % de TAG de los lípidos totales desciende de manera acusada en el hígado de los ejemplares a lo largo de los 6 meses de engorde desde el 73% a valores comprendidos entre el 50 y el 59% con las diferentes tasas, mientras que los fosfolípidos se incrementan en el mismo período alcanzando valores entre el 37 y el 45% de los lípidos totales.

En lo referente a la composición de ácidos grasos se observa en el músculo de los ejemplares valores ligeramente más altos de PUFAs, 23,55 ng/ug peso seco, en los ejemplares alimentados con la tasa de alimentación del 2,5% frente a 19,95 y 20,22 ng/ug peso seco en los alimentados con tasas del 1 y 2% respectivamente. Los PUFA W3 presentan valores de 17,28 ng/ug peso seco con la tasa de alimentación del 2,5% frente a valores de 14,43 y 14,78 ng/ug peso seco con las otras dos tasas de alimentación probadas.

- Engorde de besugo con alimentos de diferente composición bioquímica. El objetivo de este trabajo era probar la influencia sobre el crecimiento y la composición bioquímica de los ejemplares de besugo alimentados con dos piensos comerciales de diferente composición y diferente tasa de alimentación (2 y 2,5%) con el fin de compensar el diferente contenido graso de los piensos (18 y 12%). De esta forma utilizando un pienso comercial fabricado para otras especies (18% de grasa) se podría reducir el coste de producción de besugo aunque los últimos meses fuera necesario utilizar un pienso menos graso.

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas en el crecimiento de los peces de 100 g alimentados con los diferentes piensos, alcanzando tras nueve meses un peso aproximado de 215 g.

En cuanto a la composición bioquímica, no existen diferencias significativas en el contenido de proteínas y lípidos totales en hígado y músculo de los ejemplares al finalizar el experimento. Se obtienen valores de proteínas en torno al 75% y 29% del peso seco en músculo e hígado respectivamente y en lípidos totales del 13% en músculo y 27-42% en hígado.



En lo que se refiere a ácidos grasos, no existen diferencias en PUFA (n-3) pero el contenido en PUFA (n-6) es significativamente más elevado en el hígado y el músculo de los ejemplares alimentados con el pienso de 12% de grasa. (Linares *et. al.*, 2010).

Como conclusión se indica que en el engorde del besugo, el uso de alimentos de diferente calidad con un rango de proteínas del 48-52% y de grasas 12-18% no tiene efectos significativos ni en el crecimiento de los ejemplares, ni en su composición en proteínas, lípidos y PUFA (n-3) en hígado y músculo.

9.2.6. Perspectivas de cultivo

El besugo es una especie de interés para su cultivo debido a su alto valor comercial pero debido a su crecimiento lento, se puede considerar una especie complementaria para plantas de cultivo del norte de España con el fin de diversificar la producción. En plantas de cultivo, cuya infraestructura de criadero así como de engorde con jaulas en el mar ya está desarrollada y que cuentan con sistema de comercialización controlado, se puede considerar una especie con muchas posibilidades dada la calidad del producto que se está consiguiendo actualmente.

Actualmente se sigue investigando en la línea de substituir parte de la dieta por harinas y/o aceites vegetales.

9.3. AGRADECIMIENTOS

Los trabajos realizados en el cultivo de besugo fueron financiados inicialmente por el IEO, FEDER y la Xunta de Galicia. En el año 2000 se inicia un proyecto específico para esta especie dentro del Plan Nacional de JACUMAR (Junta Asesora de Cultivos Marinos).

Tanto el personal técnico y auxiliar del IEO como el del CIMA estuvieron involucrados en todos los proyectos.

Los experimentos de engorde en jaulas se llevaron a cabo en dos jaulas experimentales, una de ellas propiedad de la Consellería de Pesca (ahora Consellería do Mar) de la Xunta de Galicia y otra, de la Asociación de Acuicultores Illa do Santos de Bueu-Pontevedra. Los bateiros de esta asociación fueron de gran ayuda en todos los traba-



jos relacionados con los muestreos en las jaulas con sus barcos y aparatos y fueron los responsables de administrar el alimento a los peces en todos los experimentos. También realizó parte del trabajo en el Mar la empresa de submarinismo SERVISUB.

9.4. BIBLIOGRAFÍA

- BAUCHOT M.L. y HUREAU J.C. 1986. Sparidae. En: *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol: II*. Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. y Tortonese E. (Eds). UNESCO, Paris: 883-907.
- CHEREGUINI O, FERNÁNDEZ-PATO C.A. y MARTÍNEZ-TAPIA C. 1990. Growth of wild black-spot sea bream (*Pagellus bogaraveo* B.) from Cantabrian sea under laboratory conditions. Some interesting parameters. *ICES CM 1990/F32*.
- FERNÁNDEZ-PATO C.A., MARTÍNEZ-TAPIA C., CHEREGUINI O. y GARCÍA-BANDA I. 1990. Spawn, hatching and larvae rearing of black-spot sea bream (*Pagellus bogaraveo* B.). First experiences in the Oceanographic Center of Santander (Spain) in order to its culture. *ICES C.M.1990/F:30*.
- IZQUIERDO M.S., OBACH A., ARANTZAMENDI L., MONTERO D., ROBAINA L. y ROSENBLUND G. 2003. Dietary lipid resources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition, and flesh quality. *Aquacult. Nutr.*, 9: 397-407.
- KRUG H.M. 1986. Reproduction of the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Bruennich, 1768) in Azorean waters. *ICES CM 1986/G61*.
- KRUG, H.M. 1989. The Azorean blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Bruennich, 1768) (Teleostei: Sparidae): Age and growth. *Cybiurn* 3^o-Ser., 13(4): 347-355.
- KRUG H.M. 1990. The Azorean blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Bruennich, 1768) (Teleostei, Sparidae). Reproductive cycle, hermaphroditism, maruity and fecundity. *Cybiurn*, 14 (2): 151-159.
- KRUG H.M. 1998. Variation in the reproductive cycle of the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brünich, 1768) in the Azores, Arquipélago. *Life Mar. Sci.*, 16A: 37-47.
- LINARES F., OLMEDO M., PELETEIRO J.B. y GIANZO C. 2000a. Biochemical composition of blackspot seabream larvae, *Pagellus bogaraveo*, throughout larval development. Initial results. *European aquaculture Society. Special publication*, 28: 400.
- LINARES F., OLMEDO M., PELETEIRO J.B. & ORTEGA A. 2000b. Composición lipídica el besugo (*Pagellus bogaraveo*) procedente del medio natural y de cultivo intensivo. Resultados preliminares. En: *V Congreso de Ciencias del Mar. Marcuba 2000*. Poster. La Habana (Cuba).
- LINARES F., OLMEDO M., ORTEGA A. y PELETEIRO J.B. 2001a. Experiencias de engorde de besugo, *Pagellus bogaraveo* (Brünich, 1768) en jaulas y tanques de cultivo. *Monografías del Instituto Canario de Ciencias Marinas*, 4: 206-210



- LINARES F., OLMEDO M., PELETEIRO J.B. y ARÁN J. 2001b. Ongrowing and biochemical composition of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*) juveniles fed with different dry food. Poster. Larvi2001. Guent (Bélica). *European Aquaculture Society. Special Publication*, 30: 318.
- LINARES F., OLMEDO M. y PELETEIRO J.B. 2002. Biochemical composition of Blackspot sea bream larvae, *Pagellus bogaraveo*, fed with rotifer enriched with three different microalgae. *European Aquaculture Society. Special publication*, 32: 301-302.
- LINARES F., OLMEDO M. y PELETEIRO J.B. 2003. Crecimiento y composición bioquímica de larvas de besugo, *Pagellus bogaraveo*, alimentadas con *Artemia* enriquecida con tres microalgas diferentes. En: *Libro de Resúmenes del IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Cádiz, 12-16 de mayo de 2003. pp. 459-461.
- LINARES F., OLMEDO M. y PELETEIRO J.B. 2004. Influence of feeding with feeds having a different fat content on the growth and composition of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*) juveniles. En: *Aquaculture Europe 2004. Biotechnologies for Quality. Abstracts*. (20-23 de octubre, 2004. Barcelona, España). S. Adam y J. A. Olafsen (Eds.). *European Aquaculture Society. Special Publication*, 34: 487-488.
- LINARES F., OLMEDO M., ALVAREZ-BLÁZQUEZ B., PAZOS SIEIRA G., PÉREZ RIAL E. y PELETEIRO J.B. 2010. Ongrowing of Blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo*, in cages with feed of different biochemical composition. En: *Abstracts. Seafarming tomorrow. EAS Aquaculture Europe 2010*. Porto, 5-8 octubre 2010:721-723.
- MARTÍNEZ-TAPIA C., FERNÁNDEZ-PATO C. y CHEREGUINI O. 1990. Comparative study of larvae survival and growth in sea bream (*Pagellus bogaraveo* B.) using microencapsulated of living-food. *ICES C.M. 1990/F31*.
- OLIVIER R. 1928. Poissons de chalut. La dorade (*Pagellus centrodontus*) (Resumé pratique de nos connaissances sur ce poisson). *Rev. Trav. Off. Pêch. Marit.*, 1(4) : 5-32.
- OLMEDO M., LINARES F., RUIZ N., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B., PELETEIRO J.B., ORTEGA A. y RODRÍGUEZ J.L. 1997. Preengorde de alevines de besugo (*Pagellus bogaraveo*, B.) nacidos en cautividad. En : *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*. Cartagena, España, 9-11 de julio de 1997. pp.: 879-885.
- OLMEDO M., PELETEIRO J.B., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. y GÓMEZ C. 1998. First experiences with larval culture of blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo* B.). *ICES, C.M. 1998/L21*.
- OLMEDO M., PELETEIRO J.B., LINARES F., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B., GÓMEZ C. y ORTEGA A. 2000. Experience with ongrowing juvenile blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo* B.) born in captivity, in tanks at different temperatures. *Cah. Options Méditerran.*, 47: 153-157.
- OLMEDO M., LINARES F. y PELETEIRO J.B. 2002. Engorde de juveniles de *Pagellus bogaraveo* (Brünich, 1768) cultivados en tanques y jaulas. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18(1-4): 37-40.



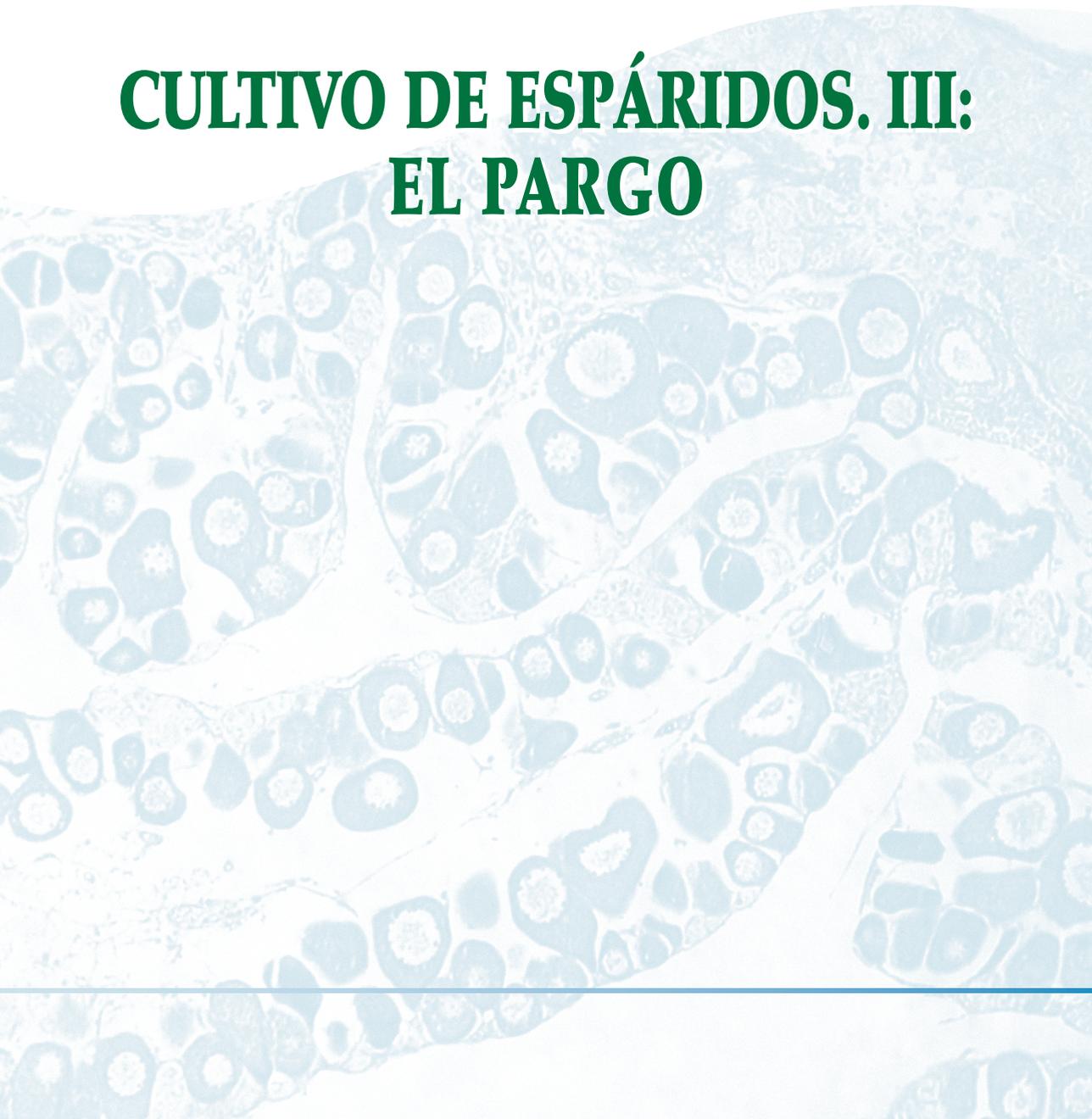
- OLMEDO M., LINARES F., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. y PELETEIRO J.B. 2005. Estado actual del cultivo de besugo, *Pagellus bogaraveo*. En: *Libro de resúmenes del X Congreso Nacional de Acuicultura. Tomo II*. Gandía (Valencia, España) 17-21 de octubre de 2005. pp. 356-357.
- OLMEDO M., LINARES F., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. PAZOS G. y VALENTE L. 2007. Crecimiento y composición corporal de juveniles de besugo, *Pagellus bogaraveo*, alimentados con diferentes niveles de proteína y carbohidratos. En: *Libro de actas. XI Congreso Nacional de Acuicultura. Tomo II*. Vigo (Pontevedra, España), 24-28 de septiembre de 2007. pp. 1383-1386.
- OLMEDO M., LINARES F., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B., PAZOS G. y PELETEIRO J.B. 2009. Engorde de besugo, *Pagellus bogaraveo*, en jaulas con diferentes tasas de alimentación. En: *Libro de Resúmenes del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid 24-26 noviembre 2009. pp 54-55.
- PATTI F. y MICALE V. 1993. Effects of different photoperiods on melanomacrophage centres of *Pagellus bogaraveo* (Brunnich, 1768). En: *From discovery to commercialization*. Carrillo M., Dahle L., Morales J., Sorgeloos P., Svennevig N. y Wyban J. (Comp.). *European Aquaculture Society Special Publication No 19*: 429.
- PELETEIRO J.B., OLMEDO M., CAL R.M. y GÓMEZ C. 1994. Growth under laboratory conditions of wild juvenile black-spot sea bream (*Pagellus bogaraveo* B.). *Aquaculture Europe*, 18 (4): 6-10.
- PELETEIRO J.B., OLMEDO M., GÓMEZ C. y ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. 1997. Study of reproduction in captivity of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo* B.). Embryonic development and consumption of vitelline sac. *ICES CM 1997/HH19*.
- PELETEIRO J.B., OLMEDO M., GÓMEZ C. y ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. 1999. Evaluación de nuevas especies de peces potencialmente cultivables: Besugo (*Pagellus bogaraveo* B.), Salmonete (*Mullus surmuletus*), Sargo (*Diplodus sargus*), Mojarra (*Diplodus vulgaris*), Abadejo (*Pollacus pollacus*), Aligote (*Pagellus acarne*), en el NW de la Península Ibérica. En: *Libro de Resúmenes del VII Congreso Nacional de Acuicultura*. Las Palmas de. Gran Canaria (España), 19-21 de mayo de 1999. p. 51.
- PELETEIRO J.B., OLMEDO M. y ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B. 2000 Culture of *Pagellus bogaraveo*: Present knowledge, problems and perspectives. *Cah. Options Méditerran.*, 47: 141-152.
- RIBEIRO L., COUTO A., OLMEDO M., ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ B., LINARES F. y VALENTE L. 2008. Digestive enzymes activity at different developmental stages of blackspot seabream. *Aquacult. Res.*, 39: 339-346.
- SÁNCHEZ F. 1983. Biología y pesca del besugo (*Pagellus bogaraveo* B.) en las subáreas VI, VII y VIII del ICES. *ICES C.M. 1983/G:38*.
- SILVA P., ANDRADE C.A.P., TIMÓTEO V., ROCHA E. y VALENTE L.M.P. 2006. Dietary protein, growth, nutrient utilization and body composition of juveniles blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich). *Aquacult. Res.*, 37: 1007-1014.

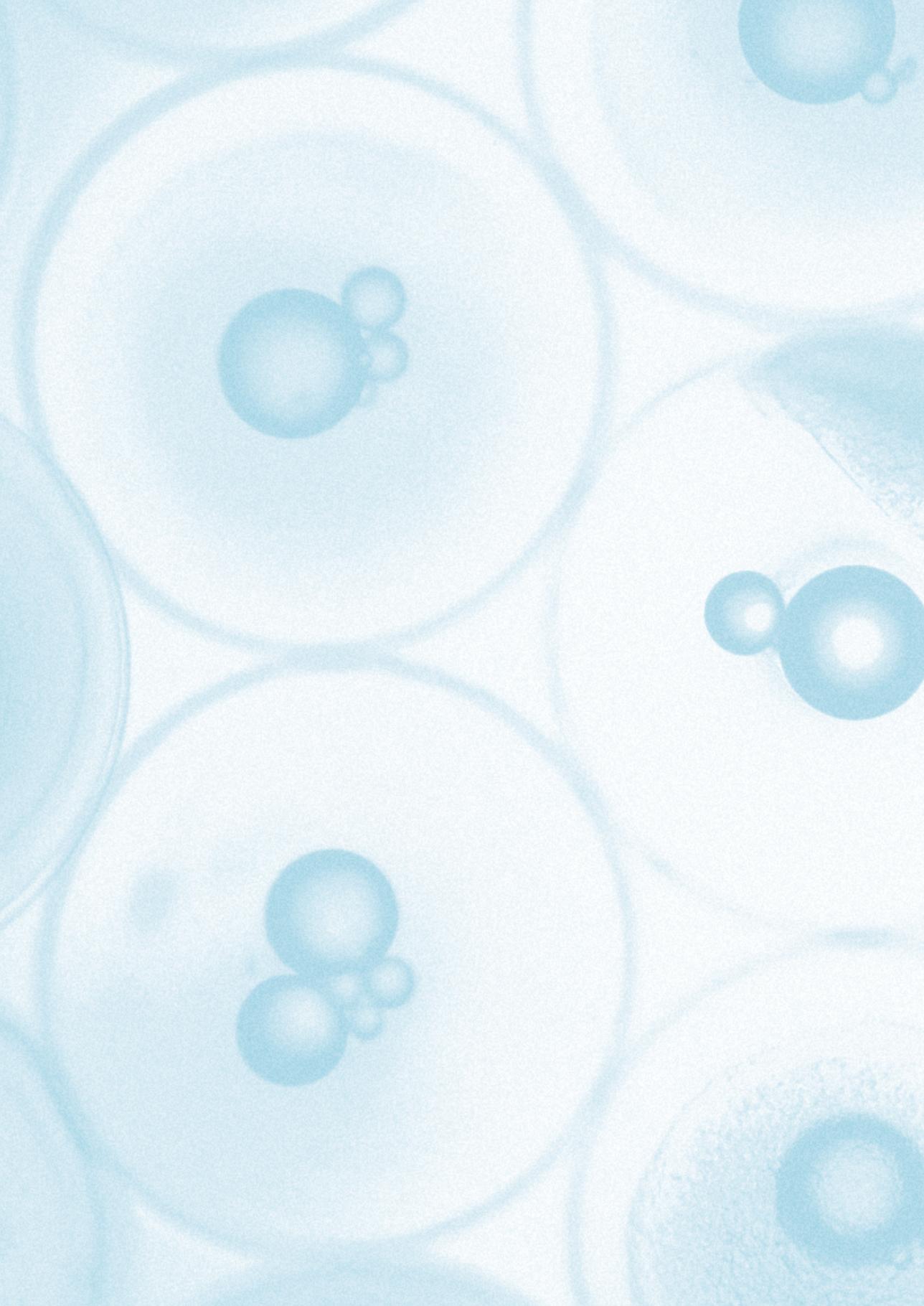


- SILVA P., ROWLERSON A.M., VALENTE L.M.P., OLMEDO M., MONTEIRO R.A.F. y ROCHA E. 2008. Muscle differentiation in blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*, Brunnich): histochemical and immunohistochemical study of the fibre types. *Tissue and Cell*, 40: 447-458.
- SILVA P., VALENTE L.M.P., OLMEDO M., GALANTE M.H., MONTEIRO R.A.F. y ROCHA E. 2009. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle in blackspot seabream *Pagellus bogaraveo* from hatching to juvenile. *J. Fish Biol.*, 74: 37-53.
- VALENTE L.M.P., OLMEDO M., BORGES P., SOARES S., GOMES E.F.S., ALVAREZ-BLÁZQUEZ B., PAZOS G. y LINARES F. 2010. Effects of carbohydratesources on growth, body composition and tissue lipid deposition of blakspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich). *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 94 (2): 212-219.

10

CULTIVO DE ESPÁRIDOS. III: EL PARGO





CULTIVO DE ESPÁRIDOS. III: EL PARGO

Juana R. Cejas Pulido

Centro Oceanográfico de Canarias.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

El pargo (*Pagrus pagrus*) es un espárido de amplia distribución que habita las aguas costeras del Mediterráneo y de ambos lados del Atlántico, teniendo gran interés para la pesquería en muchos países de su área de distribución. Los estudios para establecer sus técnicas de cultivo se iniciaron en la década de los 90 en varios países europeos y los avances realizados desde entonces, reflejados en algo más de un centenar de publicaciones en revistas científicas, muestran las posibilidades de esta especie para la acuicultura comercial.

La reproducción en cautividad se ha logrado con ejemplares capturados del medio natural y con pargos nacidos en cautividad. La puesta espontánea tiene lugar entre el final del invierno y la primavera, bajo un amplio régimen de temperaturas (13,0-21,2 °C). Se han citado importantes variaciones en las tasas anuales de fecundidad (330 000-1 100 000 huevos/kg de hembra/año), fecundación (35-75%) y eclosión (40,0-85,5%), y la calidad de puesta experimenta considerables oscilaciones diarias a lo largo de la puesta. La reproducción se ha logrado empleando diversas dietas (mezclas de piensos, pescado y cefalópodos), pero solo existe algún estudio preliminar sobre la influencia de la alimentación en los rendimientos obtenidos.

Las técnicas semi-intensivas se consideran actualmente el mejor protocolo para el cultivo larvario de pargo, ya que permiten obtener mejores resultados (supervivencia hasta 28,7% a los 50 días, mayor tasa



de crecimiento y calidad de los alevines) que las técnicas intensivas tradicionales. Los principales picos de mortalidad del cultivo larvario se sitúan a los 4-7 días (inicio de alimentación exógena), 20-25 días (cambio de presas; problemas de intensidad de luz) y a partir de 35-40 días (canibalismo). Algunos estudios han mostrado la influencia de la composición de lípidos y ácidos grasos de la dieta sobre el crecimiento larvario y calidad de los alevines (% anomalías esqueléticas), señalando la necesidad de establecer el nivel dietario adecuado de estos nutrientes esenciales.

El engorde se ha realizado hasta ahora con piensos diseñados para otras especies marinas, a pesar de lo cual el pargo presenta un crecimiento similar al de dorada, especialmente durante el primer año, pudiendo ralentizarse en invierno. La formulación de piensos específicos apenas se ha iniciado con algún estudio sobre los niveles óptimos de proteínas y de relación proteína/energía. Sin embargo, numerosos estudios se han centrado en el problema de la coloración de la piel que presenta esta especie durante el engorde, para establecer el tipo y dosis de pigmentos carotenoides que debe incorporarse a la dieta para que los peces adquieran su típica coloración rojiza. Dado que la intensidad de luz también influye sobre la coloración (oscurecimiento), el engorde en tanques, en jaulas con mallas de sombreo o jaulas sumergidas se consideran opciones viables en esta especie.

Aunque la tecnología básica de cultivo de pargo está desarrollada, es indudable la necesidad de continuar investigando (en desarrollo de dietas específicas, gestión de reproductores, programas de mejora genética, etc.) con objeto de optimizar los resultados, de forma que el pargo pueda ser considerado por los empresarios del sector como una alternativa interesante a las especies consolidadas. Dada su gran mercado potencial y el interés mostrado por muchos países de su amplia área de distribución, es previsible que su cultivo experimente un desarrollo importante en el futuro.

Abstract

Red porgy (Pagrus pagrus) is a widely distributed sparid that inhabits coastal waters on the Mediterranean and both sides of the Atlantic, being of



high interest for the fisheries in many countries. Studies related to the culture techniques for this species began in the early 90's in several European countries and the advances made since then have been reflected in more than a hundred of scientific journals papers, showing the capabilities of this species for commercial aquaculture.

Reproduction in captivity have been achieved both with wild and born in captivity broodstock. Spontaneous spawning take place between late winter and spring, under a wide range of temperatures (13.0-21.2 °C). Important variations have been reported in annual fertility (330 000-1 100 000 eggs/kg female/year), fertilization rate (35-75%) and hatching rate (40.0-85.5%), and considerable daily variations have also been found in the egg quality parameters during the spawning season. Reproduction have been achieved using several diets (mix of pellets, fish and cephalopods), but there are only some preliminary studies about the influence of the diet composition on the reproductive yields.

The semi-intensive techniques are currently considered the best protocol for the larval rearing of red porgy, allowing better results (survival rate up to 28.7% at day 50, higher growth rate and fingerling quality) than the traditional intensive technology. During the larval culture, the main peaks of mortality occurs at 4-7 days (beginning of exogenous feeding), 20-25 days (change of preys; light intensity problems) and from 35-40 days onwards (cannibalism). Some studies have shown the influence of lipids and fatty acid composition of the diet on larval growth and fingerling quality (% skeletal abnormalities), indicating the need for further studies on the adequate dietary levels for these essential nutrients.

The grow out have been carry out until now with pellets designed for other marine species, but red porgy shows similar growth patterns to seabream, mainly during the first year, with a slight slow down in winter. Specific diet formulation for red porgy has barely begun with some studies concerning the optimal levels of protein and protein/energy ratio. However, numerous studies have been focused on the problem of the skin coloration during the grow out of this species, in order to establish the adequate type and level of carotenoids that must be incorporated to the diet in order to promote its typical reddish coloration. Since skin pigmentation (darkening) may also be affected by the light intensity, the grow out in tanks, shaded cages or submerged cages may be considered as a viable option for this species.



Although the basic technology for the culture of red porgy is developed, further research are needed (in diet formulation, broodstock management, genetic improvement programs, etc.) to optimize the results, so red porgy can be considered by aquaculture enterprises as an interesting alternative to the consolidated species. Given its large potential market and the interest shown by many countries, the culture of this species could experience a major development in the future.

10.1. INTRODUCCIÓN

Nombre común: Pargo (Figura 1)

Nombre científico: *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758)

Otros nombres vernáculos en español:

- bocinegro (Canarias y Andalucía)
- besugo y pargo colorado (Argentina, Uruguay, Venezuela)
- sargo piedra (Colombia)
- sargo rojo (Méjico).

Nombres oficiales de la FAO:

- pargo (español)
- red porgy (inglés)
- pagre rouge (francés)

Sinónimos:

- *Pagrus pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758)
- *Sparus pagrus* (Linnaeus, 1758)
- *Pagrus vulgaris* (Valenciennes, 1830)
- *Pagrus sedecim* (Ginsburg, 1952)

Sistemática:

- Orden: Perciforme
- Familia: Sparidae

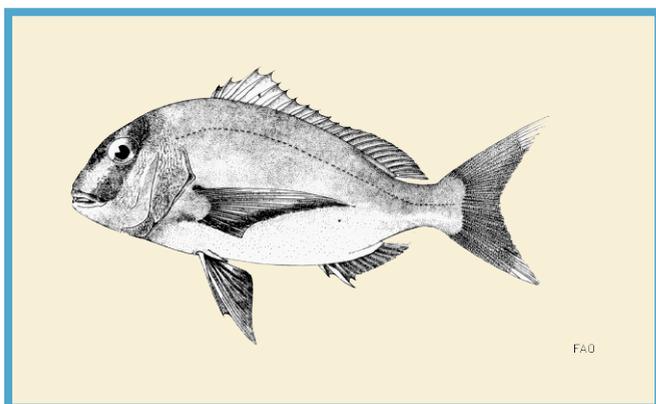


FIGURA 1.
Pargo (*Pagrus pagrus*).
Fuente: www.fishbase.org.

Características biológicas de la especie:

10.1.1. Morfología

El pargo tiene el cuerpo ovalado, moderadamente alto y comprimido. La cabeza de perfil convexo, presenta un abultamiento característico a la altura de los ojos apreciable especialmente en los ejemplares adultos. Tiene una aleta dorsal única con 12 radios espinosos y 9 a 12 blandos. Las aletas pectorales son largas y puntiagudas y las ventrales están situadas en posición avanzada. También presenta una aleta anal única con 3 radios espinosos y 8 a 9 blandos y la aleta caudal es ahorquillada. Dispone de una potente dentadura, formada por 4 dientes incisivos en la mandíbula superior y 6 en la inferior, seguidos de una hilera de caninos y dos hileras de molares que preceden a multitud de dientes pequeños.

Su coloración general es rosada con reflejos plateados, más oscura en el rostro y el dorso y más clara en el vientre. Puede presentar pequeños puntos azulados en la parte superior de los flancos, sobre todo en los ejemplares juveniles. Las aletas son rosadas, aunque la aleta caudal tiene las puntas de color blanco a veces con reflejos azulados. Los ojos presentan una banda amarilla en el espacio interorbital.

10.1.2. Distribución geográfica y hábitat

El pargo se distribuye en áreas templadas y tropicales, estando presente en el Mediterráneo y en ambos lados del Atlántico, entre los 55°

N y los 43° S, y entre 98° W y 36° E. En el Atlántico oeste se encuentra desde Nueva York (EE.UU.) hasta Argentina y en el Atlántico este desde las Islas Británicas hasta Senegal incluyendo los archipiélagos de Madeira, Cabo Verde y Canarias (www.fishbase.org) (Figura 2).

Es una especie marina demersal que ocupa la zona litoral hasta los 250 metros de profundidad pero es más frecuente hasta los 100 metros. Habita sobre fondos rocosos o arenosos y los juveniles se encuentran a menudo sobre lechos de algas o *Posidonia* (Fisher *et al.*, 1981). Los ejemplares jóvenes menores de 15 cm se sitúan preferentemente sobre sustratos de tipo sedimentario en áreas menos profundas cercanas a la costa y durante su crecimiento se desplazan a zonas de mayor profundidad con sustrato rocoso (Labropoulou *et al.*, 1999; Afonso *et al.*, 2008).

10.1.3. Alimentación

Sus hábitos son carnívoros (Fisher *et al.*, 1981), siendo los crustáceos el grupo dominante en su dieta, seguidos por moluscos gasterópodos y peces teleósteos (Castriota *et al.*, 2006). Se trata de un consumidor oportunista que aprovecha el alimento disponible en cada hábitat, por lo que su alimentación puede variar en función de la localización geográfica (Manooch, 1977). Los juveniles tienen preferencia



FIGURA 2.

Distribución geográfica del pargo (*Pagrus pagrus*). Los colores rojo al amarillo indican un gradiente de mayor a menor presencia. Fuente: www.fishbase.org.



por los crustáceos decápodos (54,2%), pero también se alimentan de peces (23,5%), pequeños crustáceos y poliquetos, consumiendo más de 50 presas de diferentes especies. Con el aumento de talla hay una disminución de la variedad y un aumento del tamaño de las presas (Labropoulou *et al.*, 1999), que se relaciona con el desplazamiento de los adultos hacia aguas más profundas. En esta etapa, los decápodos, peces, y poliquetos, son parcialmente reemplazados por antozoos, equinodermos y gasterópodos, apreciándose además variaciones de la dieta con la estación del año (Papaconstantinou y Caragitsou, 1989).

10.1.4. Reproducción

El pargo es una especie hermafrodita proterogina, madurando primero como hembras para invertirse posteriormente a machos. Sin embargo, la inversión no ocurre a una edad específica ni tiene lugar en todos los individuos, encontrándose peces de gran talla que siguen comportándose como hembras (Manooch, 1976; Alekseev, 1982; Pajuelo y Lorenzo, 1996). Por otro lado, algunos individuos pueden definirse precozmente como machos (Cotrina y Christiansen, 1994). Las hembras pueden madurar por primera vez a los 2 años y los machos a los 3, aunque es con 4 años cuando se encuentra el 100% de los ejemplares maduros (Manooch, 1976; Vassilopoulou y Papaconstantinou, 1992; Pajuelo y Lorenzo, 1996; Hood y Johnson, 2000). La talla de primera madurez puede variar con la localización geográfica, situándose entre los 22,6 cm para las Islas Canarias (Pajuelo y Lorenzo, 1996) y los 30,4 cm para las costas de Carolina (Manooch, 1976). La época de puesta varía también ligeramente en función de la localización geográfica, ocurriendo entre diciembre y mayo en las Islas Canarias (Pajuelo y Lorenzo, 1996), y entre diciembre y abril en el Atlántico oeste (Ciechomski y Casia, 1974; Manooch, 1976; Hood y Johnson, 2000), mientras que en el Mediterráneo tiene lugar algo más tarde, entre febrero y mayo (Vassilopoulou y Papaconstantinou, 1992).

10.1.5. Crecimiento en el medio natural

Aunque las tallas máximas registradas en el medio natural superan los 70 cm, el pargo es común hasta los 35 cm (www.fishbase.org). Es una especie de vida larga (13-18 años), con una tasa de crecimiento



rápida durante las primeras etapas de vida, que desciende posteriormente (Vassilopoulou y Papaconstantinou, 1992; Harris y McGovern, 1997; Pajuelo y Lorenzo, 1996; Hood y Johnson, 2000). En el Atlántico oeste, el pargo alcanza 26 cm durante el segundo año de vida, aunque el incremento posterior de talla no supera los 4 cm anuales (Cotrina y Raimondo, 1997; Harris y McGovern, 1997; Hood y Johnson, 2000). En el Atlántico este, Pajuelo y Lorenzo (1996) señalan que el pargo presenta una alta tasa de crecimiento hasta los 4 años de edad, alcanzando en esa etapa el 50% de la longitud máxima; tras alcanzar la madurez sexual durante el cuarto año de vida, el crecimiento se ralentiza. Los estudios sobre el crecimiento a lo largo de la vida en el medio natural aportan algunos datos divergentes que, sin descartar la posible influencia de parámetros ambientales, han sido atribuidos tanto a los distintos métodos de lectura de la edad en otolitos y escamas como a la selectividad del arte de pesca utilizado para obtener las muestras (Potts y Manooch, 2002).

10.1.6. Producción, mercado actual y potencial

El pargo es una especie de gran interés para la pesquería en todas sus áreas de distribución, siendo objeto de pesca comercial y deportiva, capturándose con palangre, trasmallos, redes de arrastre, nasas y anzuelos (Cotrina y Raimondo, 1997; Pajuelo y Lorenzo, 1996; Labropoulou *et al.*, 1999; Potts y Manooch, 2002). En el Atlántico oeste, debido al incremento de la explotación pesquera, se han encontrado evidencias de un descenso de la población de la especie en las últimas décadas (Harris y McGovern, 1997; Vaughan y Prager, 2002), lo que ha llevado a establecer medidas de control de la población y regulación incluyendo una moratoria de pesca (Davis y Berkson, 2006; SEDAR Report, 2006). Según las estadísticas de la FAO, en los últimos 20 años las capturas de pargo en todo el mundo han oscilado entre 6 000 y 10 000 toneladas, incrementándose a partir del año 2006 hasta alcanzar 14 484 toneladas en 2008, una cantidad que duplica por ejemplo las 7 812 toneladas capturadas de dorada (FAO, 2010a) (Figura 3).

Aunque estos datos y cifras indican que esta especie tiene un mercado potencial importante y geográficamente extenso, en el que ten-

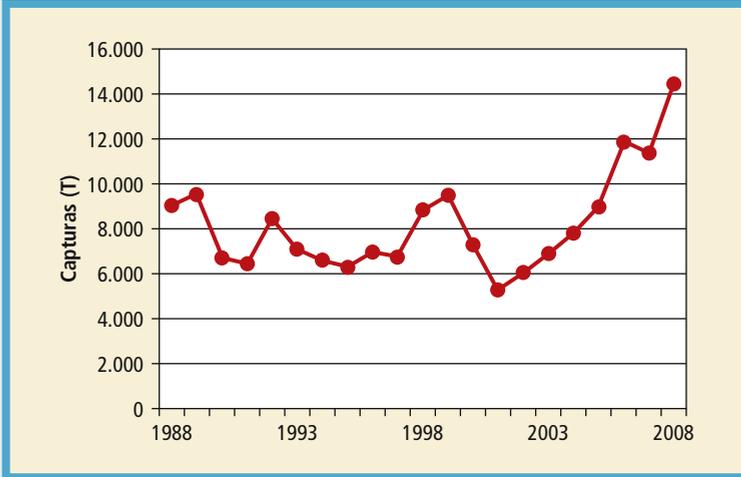


FIGURA 3.

Evolución de las capturas por pesca de pargo en las dos últimas décadas. Fuente: Estadísticas de la FAO (FAO, 2010a).

dría cabida el pargo procedente de la acuicultura, la producción acuícola de la especie puede calificarse todavía de testimonial según los datos registrados por la FAO (FAO, 2010a). Cabe citar a Grecia, donde un grupo de nuevas especies que incluye al pargo, constituyó tan solo el 5% de la producción nacional de acuicultura en 2005, o Chipre, donde la producción de nuevas especies incluyendo al pargo supuso el 2% de la producción acuícola del país en 2004 (FAO, 2010b).

10.2. CULTIVO DE PARGO

Los estudios encaminados a establecer las técnicas de cultivo de pargo se emprendieron durante la década de los 90 en varios países europeos (Grecia, España, Portugal, Italia y Chipre). Durante esos años se obtuvieron resultados iniciales muy prometedores en cuanto a las posibilidades de la especie para la acuicultura y se señalaron los principales problemas que debían resolverse para lograr su cultivo comercial (Kentouri *et al.*, 1995; Stephanou *et al.*, 1995; Abellán y Basurco, 1999).



Desde entonces se han publicado poco más de un centenar de artículos en revistas científicas relativas al cultivo de pargo, el 80% de los cuales reflejan los resultados de proyectos de investigación desarrollados en Grecia y en España (principalmente en Creta y en las Islas Canarias). Otros países de la costa mediterránea como Turquía y Marruecos también han empezado a publicar los resultados de sus estudios sobre esta especie a partir de 2005. Por lo que se refiere al Atlántico oeste, la bibliografía procede fundamentalmente de Argentina, donde *Pagrus pagrus* recibe el nombre común de besugo. Este país comenzó un programa de desarrollo del cultivo de la especie en 1997 (Suárez, 2004) y la publicación de los avances realizados a partir de 2003 (Aristizabal, 2003). Por último existe alguna referencia reciente a los primeros ensayos de cultivo de pargo realizados en Estados Unidos (Morris *et al.*, 2008).

Aproximadamente la mitad de los artículos que existen hasta la fecha se centran en la reproducción y en la cría larvaria. Otra parte considerable de las publicaciones tratan el problema de coloración que presentan en los ejemplares de pargo durante el engorde. Finalmente, algunos trabajos abordan diversos aspectos relativos a la fase de engorde, respuesta al estrés y patologías.

En los siguientes apartados se intenta reflejar el estado actual de la tecnología de cultivo de pargo y resumir los principales conocimientos disponibles sobre su reproducción, cultivo larvario y engorde en cautividad, así como los principales problemas detectados y soluciones ensayadas para lograr la producción comercial de la especie.

En el texto se citan, entre otros, resultados de las investigaciones sobre cultivo de pargo llevadas a cabo en la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Canarias-Instituto Español de Oceanografía (C.O.Canarias-IEO), parte de los cuales no han sido aún publicados.

10.2.1. Reproducción

La reproducción de esta especie en cautividad se ha logrado en varios países incluidos en su área de distribución en el Mediterráneo y ambos lados del Atlántico. Bajo los distintos regímenes de temperatura y fotoperíodo naturales que se dan en las diferentes localizaciones



geográficas, los pargos capturados en el medio natural se adaptan a las condiciones de cultivo y a la dieta artificial, madurando sexualmente en cautividad. La puesta tiene lugar de forma espontánea y la fecundación de los huevos ocurre en el propio tanque de cultivo, pudiendo recolectarse los huevos en dispositivos de malla de 300-500 micras situados en el rebosadero del tanque. En la Planta de Cultivos Marinos del Centro Oceanográfico de Canarias-Instituto Español de Oceanografía (C.O.Canarias-IEO) se ha logrado también la reproducción de ejemplares nacidos en cautividad, por lo que su ciclo de cultivo puede considerarse cerrado.

Para formar el stock de reproductores se han capturado con mayor frecuencia juveniles con pesos inferiores a 100 g, preferidos por su mayor facilidad de manejo y capacidad de adaptación a la cautividad (Stephanou *et al.*, 1995). Sin embargo, la captura y adaptación de pargos con pesos medios de 0,5 a 1,0 kg también se ha llevado a cabo sin dificultades (Cejas *et al.*, 1997b; Kolios *et al.*, 1997; Morris *et al.*, 2008). Los pargos pueden realizar su primera puesta tras 2 o 3 años de cautividad dependiendo de la talla de captura.

El mantenimiento de los peces se ha llevado a cabo en tanques de muy distinta capacidad, desde los 5 m³ (Mylonas *et al.*, 2004) a los 43 m³ (Mihelakakis *et al.*, 2001a), sin que esto haya supuesto un factor limitante para conseguir la maduración sexual y puesta. En el C.O. Canarias-IEO, los reproductores se mantienen durante todo el año en tanques rectangulares de hormigón de 8 a 10 m³ situados en las naves de cultivo, utilizándose lonas de sombreado para reducir la intensidad de luz (hasta un valor medio de 35 lux) ya que se ha observado la incidencia de este parámetro sobre la puesta (Cejas *et al.*, 1997b) (Figura 4). En estas condiciones, grupos de pargos capturados en el medio natural en 1995 y 1996, han emitido puestas espontáneas desde 1997 hasta la actualidad, durante 14 años consecutivos.

10.2.1.1. Desarrollo gonadal, inversión sexual y edad de primera madurez

Un estudio detallado de los cambios que experimentan las gónadas de esta especie hermafrodita a lo largo de las distintas etapas de su ciclo vital fue realizado por Kokokiris *et al.* (1999) con pargos captura-



FIGURA 4.
Tanques de reproducción del pargo cubiertos por lonas de sombreo (a la derecha). Planta de Cultivos Marinos del C.O.Canarias-IEO.

dos en el Mediterráneo que se mantuvieron en cautividad desde los 0,5 a los 6,5 años de edad. Los resultados indican que las gónadas de todos los pargos se diferencian inicialmente como ovarios, aunque su desarrollo posterior puede seguir varios caminos. En algunos individuos se producirá la maduración completa de la zona ovárica de la gónada y por tanto se comportarán como hembras funcionales. Tras una o varias temporadas de puesta, la mayoría de estas hembras cambiarán de sexo y funcionarán como machos, aunque algunas permanecerán como hembras durante toda su vida. En otros individuos (una menor proporción de la población) se desarrollará el tejido testicular y los ovarios degenerarán antes de llegar a madurar, por lo que estos ejemplares funcionarán como machos a lo largo de todo su ciclo vital. Las conclusiones que se desprenden de este estudio realizado en condiciones de cultivo, son similares a las obtenidas por Cotrina y Christiansen (1994) para la población natural de pargos de las costas argentinas. El cambio de sexo en algunas especies hermafroditas está influido por parámetros medioambientales o sociales y por tanto puede verse afectado por las condiciones de cultivo. También en el pargo, la inversión sexual en cautividad parece verse afectada por otros factores diferentes de la edad (Kokokiris *et al.*, 1999).



El proceso de inversión gonadal en el pargo parece ser progresivo y prolongado en el tiempo y no necesariamente se completa durante un solo ciclo de reproducción anual. Con mayor frecuencia, comienza después de la estación de puesta de las hembras, con una proliferación activa de espermatogonias en las gónadas, desarrollándose el tejido testicular mientras que el tejido ovárico entra en regresión hasta desaparecer. Durante el proceso hay un ligero descenso de los niveles de estrógenos y un progresivo incremento de los niveles de andrógenos (Kokokiris *et al.*, 2006).

La edad de primera madurez sexual en cautividad, es decir, cuando más del 50% de los peces presenta las gónadas maduras, se ha situado en los 4 años de edad, si bien algunos ejemplares pueden madurar con 3 años (Kokokiris *et al.*, 1999).

Los resultados obtenidos en el C.O.Canarias-IEO con grupos de pargos nacidos en cautividad, confirman estos datos. Cuando los ejemplares han alcanzado los 3 años de edad, únicamente se obtienen 2 o 3 emisiones esporádicas de un número muy escaso de huevos no fecundados. Sin embargo, cuando los peces cumplen los 4 años, realizan puestas más regulares y abundantes; el hecho de que estas puestas estén fecundadas indica que también los machos pueden madurar a dicha edad.

10.2.1.2. Época de puesta

El pargo tiene un ciclo de maduración sexual anual y la puesta ocurre una vez al año, entre el final del invierno y la primavera. La Tabla I refleja la época de la freza en cautividad citada para distintas localizaciones geográficas, observándose que las puestas espontáneas pueden tener lugar en un amplio rango de temperaturas entre 13,0 y 21,2 °C. Por otro lado, la obtención de puestas con temperaturas superiores a los 22 °C en Turquía (Büke *et al.*, 2005) se atribuye al uso de implantes de liberación continua de GnRH α en los reproductores.

El estudio histológico de las gónadas de ejemplares mantenidos en cautividad revela que la gametogénesis se inicia en otoño, coincidiendo con un descenso de las temperaturas y el fotoperíodo (Kokokiris *et al.*, 2001), mientras que a lo largo de la puesta se produce un incremento de ambos parámetros (Cejas *et al.*, 1997b; Mylonas *et al.*,

TABLA I.
 Época y temperatura de puesta en cautividad de pargo
 en distintas regiones geográficas.

Época de puesta	Temperatura °C	Región geográfica	Referencia
Febrero a Mayo	15,5-17,8	Marruecos	Abrehouch <i>et al.</i> , 2010
Octubre a Febrero	13,5-17,0	Argentina	Aristizabal <i>et al.</i> , 2009
Enero a Abril	14,5-21,2	Cádiz	Cárdenas & Calvo, 2003
Enero a Junio	19,0-20,8	Canarias	Cejas <i>et al.</i> , 1997b
Febrero a Junio	13,6-18,3	Grecia	Mihelakakis <i>et al.</i> , 2001a
Enero a Marzo	13,0-15,0	Carolina del Norte	Morris <i>et al.</i> , 2008
Enero a Abril	15,8-19,2	Grecia	Mylonas <i>et al.</i> , 2004
Febrero a Abril	17,0-18,0	Chipre	Stephanou <i>et al.</i> , 1995

2004; Aristizabal *et al.*, 2009). La Figura 5 muestra la época de puesta en Canarias, donde se obtienen resultados similares en relación con el régimen de temperaturas.

La maduración de los machos se produce de manera simultánea a la de las hembras y la producción de esperma no parece ser un factor limitante para la reproducción del pargo en cautividad. En el estudio realizado por Mylonas *et al.* (2003) con un grupo de machos de 2,6 kg de peso medio que se mantuvieron aislados de las hembras, el volumen medio de esperma obtenido osciló entre 1,7 y 5,3 ml.kg⁻¹, con una densidad media entre 8,6 y 23,7 × 10⁹ espermatozoides.ml⁻¹. La movilidad de los espermatozoides experimentó un aumento significativo en las primeras etapas de la puesta, para alcanzar valores máximos que se mantuvieron hasta el final. El tiempo de supervivencia de los espermatozoides también se incrementó al principio de la freza, manteniéndose luego mas o menos estable. El esperma del pargo mantuvo su viabilidad durante varios días conservado a 4 °C.

10.2.1.3. Maduración gonadal y secuencia de emisión de puestas

Durante la época de puesta, las hembras de pargo muestran ovarios con presencia simultánea de ovocitos en estado de vitelogénesis y de

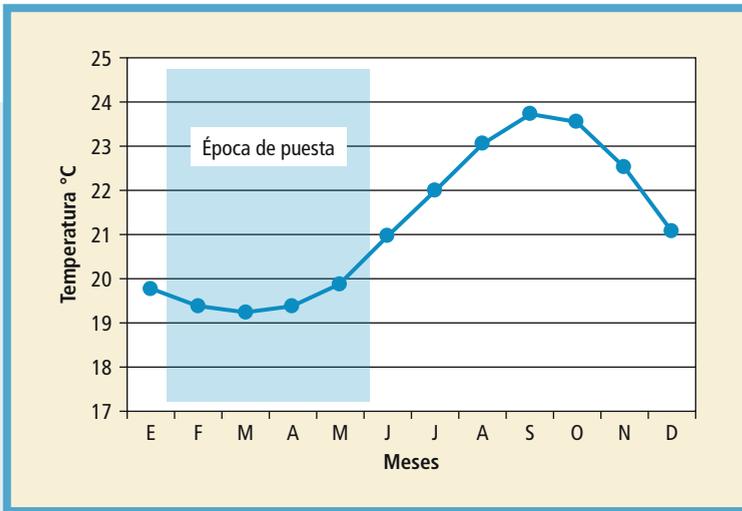


FIGURA 5.

Época de puesta del pargo y variación anual de la temperatura. (Datos medios mensuales de temperatura registrados entre 2000 y 2004 en el C.O.Canarias-IEO).

maduración final (Cotrina y Christiansen, 1994; Kokokiris *et al.*, 2001), lo que indica que se trata de una especie con desove múltiple o fraccionado que emite huevos varias veces a lo largo de cada temporada de freza.

El patrón preciso de emisión diaria de huevos no ha sido establecido aún, al no haberse realizado pruebas con hembras aisladas en tanques individuales. Estudios de este tipo llevados a cabo con la dorada en Canarias, mostraron que cada hembra emite diariamente una cantidad relativamente constante de huevos a lo largo de un periodo de tiempo que puede alargarse incluso hasta 3 meses (Cejas *et al.*, 1992; Jerez, 2006). Sin embargo, los trabajos desarrollados con el pargo en el C.O.Canarias-IEO parecen indicar que la especie no sigue este patrón. Grupos formados por varias hembras emiten puestas en días consecutivos, pero con grandes oscilaciones diarias en el número de huevos e intervalos de días sin emisión. Una secuencia típica de emisión de huevos se muestra en la Figura 6.

Variaciones importantes en la fecundidad relativa diaria (número de huevos por kg de hembra por día), con periodos de emisiones diarias

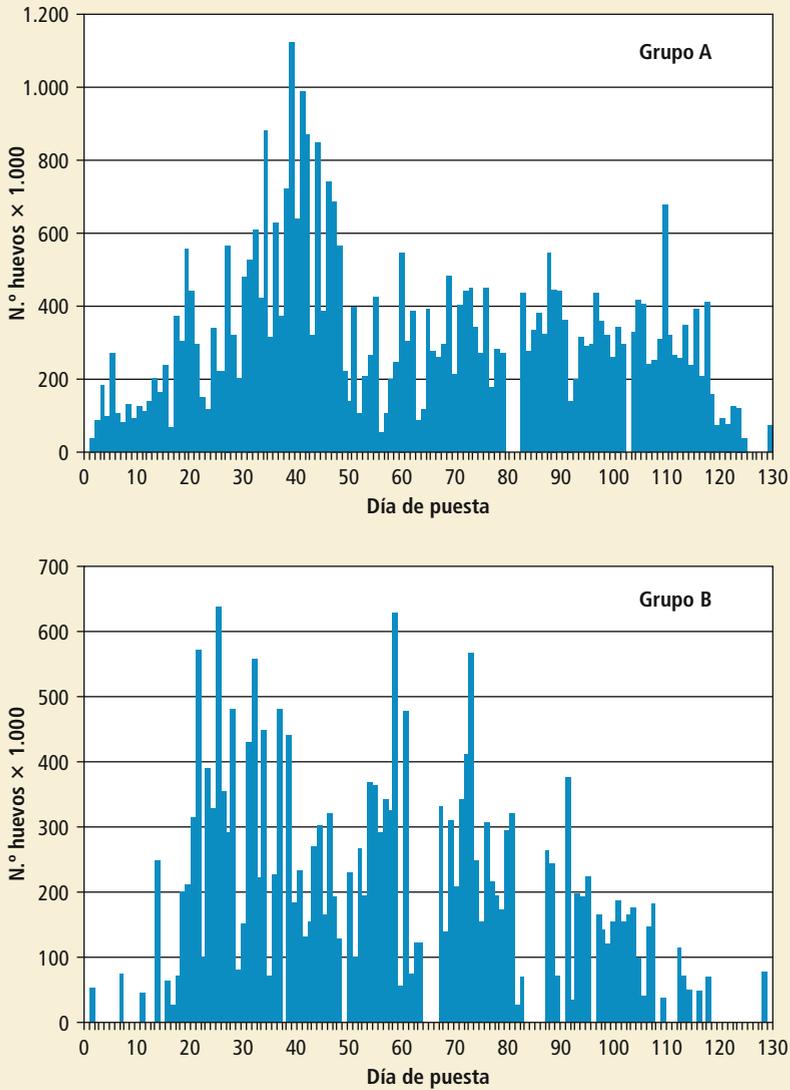


FIGURA 6.

Secuencia diaria de puestas y número de huevos emitidos por 2 grupos de reproductores de 30 ejemplares (Grupo A) y 28 ejemplares (Grupo B). (Datos obtenidos en la temporada de puesta de 2000 en el C.O.Canarias-IEO).



alternados con pequeños intervalos sin emisión, han sido señalados también por otros autores trabajando con grupos de reproductores entre 10 y 30 ejemplares (Mylonas *et al.*, 2004; Abrehouch *et al.*, 2009; Aristizabal *et al.*, 2009). Con un grupo muy numeroso de reproductores (69 ejemplares) como el utilizado por Mihelakakis *et al.*, (2001a), puede lograrse la emisión de huevos diaria sin interrupciones a lo largo de la freza, debido probablemente a la superposición de puestas de las numerosas hembras del stock, aunque no puede descartarse la influencia de factores sociales.

10.2.1.4. Rendimiento y calidad de puesta

Los distintos parámetros utilizados para estimar el rendimiento y la calidad de puesta pueden experimentar considerables variaciones en el pargo. La duración de la freza, el número total de emisiones, la fecundidad anual y la tasa de fecundación anual, pueden ser diferentes incluso para dos grupos de reproductores similares mantenidos en idénticas condiciones de cultivo, así como para un mismo grupo de reproductores en dos puestas anuales sucesivas (Kentouri *et al.*, 1995; Cejas *et al.*, 1997b; Mylonas *et al.*, 2004; Abrehouch *et al.*, 2009; Aristizabal *et al.*, 2009). La causa de estas variaciones, que se dan también en otros espáridos hermafroditas, no ha sido claramente establecida. La utilización de grupos de reproductores con varias hembras y los procesos de inversión sexual que tienen lugar en estas especie, crean problemas para determinar con exactitud el número de hembras y machos que están contribuyendo realmente a la puesta y dificultan la interpretación de los resultados. Las técnicas de identificación genética de los reproductores podrían emplearse para realizar análisis de parentesco y obtener datos más concluyentes.

La mejora de la calidad de puestas observada en un mismo grupo de reproductores en dos temporadas sucesivas, se ha atribuido a una mejor aclimatación de los reproductores salvajes a la cautividad o a una proporción de sexos más favorable durante el segundo año (Kentouri *et al.*, 1995; Mylonas *et al.*, 2004; Cárdenas y Calvo, 2003). Sin embargo, no solo una mayor adaptación, sino la propia edad de los reproductores, ha mostrado tener influencia sobre la calidad de la puesta de otros espáridos como la dorada (Jerez, 2006). Por otro lado, no se han hecho estudios específicos para establecer la proporción



óptima de hembras/machos con el fin de optimizar los porcentajes de fecundación en esta especie, probablemente porque este parámetro no ha supuesto hasta la fecha un factor limitante para el cultivo.

La fecundidad anual (número de huevos por kg de hembra por año) ha sido estimada por Mylonas *et al.* (2004) en 404 300-442 500, por Büke *et al.* (2005) en 550 000, mientras que Aristizabal *et al.* (2009) encuentran un valor medio similar que oscila entre 331 900 y 958 200 a lo largo de 6 años en un mismo grupo de reproductores y Abrehouch *et al.* (2009) citan valores entre 474 966 y 1 100 000 para este parámetro.

La tasa de fecundación anual obtenida en el estudio realizado en Grecia por Mylonas *et al.* (2004), osciló entre 36,9 y 68,9% en dos años consecutivos, mientras que en Argentina, (Aristizabal *et al.*, 2009) se obtuvieron valores similares entre 35,4 y 63,7% a lo largo de 6 años, y en el C.O.Canarias-IEO se registraron valores ligeramente superiores entre 54 y 78% en 4 años consecutivos.

La tasa de eclosión anual varía para los distintos estudios realizados, con valores que se encuentran entre 40,0-67,6% citados por Abrehouch *et al.* (2009) y 81,6-85,5% citados por Mylonas *et al.* (2004).

Tanto la fecundidad relativa diaria (comentada anteriormente) como la tasa de fecundación de huevos diaria, sufren oscilaciones a lo largo de la temporada de freza (Mylonas *et al.*, 2004; Abrehouch *et al.*, 2009; Aristizabal *et al.*, 2009) principalmente cuando se trabaja con grupos de menos de 30 reproductores, aunque con grupos más numerosos se han alcanzado valores más estables en el porcentaje medio de huevos flotantes (85,7%) y huevos fecundados (95-100% de los huevos flotantes) (Mihelakakis *et al.*, 2001a). Otros parámetros de calidad de puesta, como la viabilidad de los huevos fecundados y los porcentajes de eclosión y supervivencia de larvas de 1 día, no se muestran mucho más estables cuando se calculan diariamente, aunque puede apreciarse una tendencia hacia valores inferiores en los primeros y últimos días de la puesta y más altos y estables en el período central.

La Figura 7 refleja resultados obtenidos en el C.O.Canarias-IEO con un grupo de 25 reproductores salvajes mantenidos en cautividad durante 7 años, pudiendo apreciarse la oscilación de los porcentajes de fecundación y eclosión a pesar de tratarse de valores medios semanales.

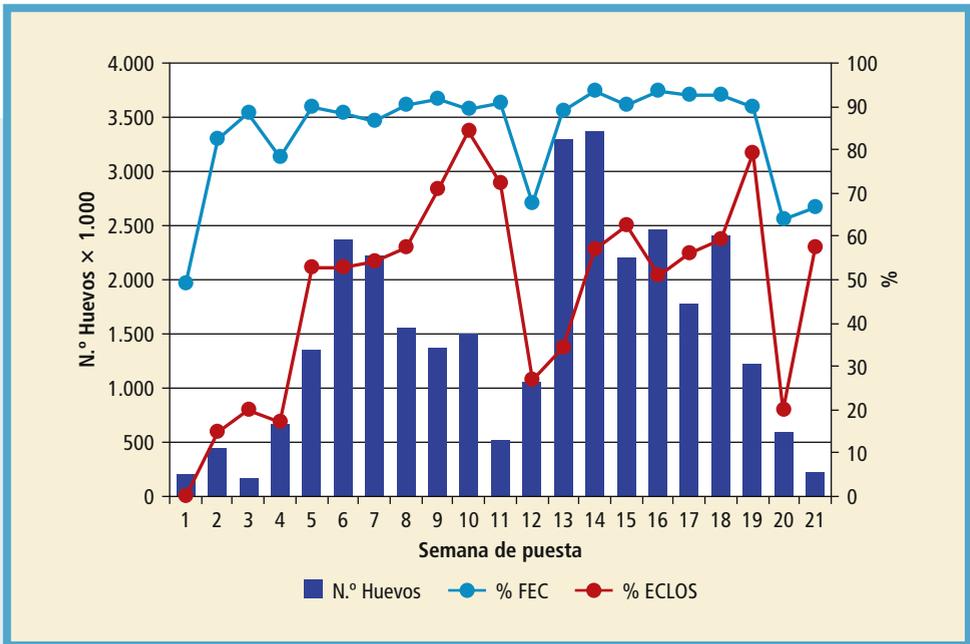


FIGURA 7.

Variación semanal del n.º de huevos emitidos, % de fecundación medio y % de eclosión medio, en un grupo de 25 reproductores salvajes mantenidos 7 años en cautividad. (Datos obtenidos en la temporada de puesta 2002 en el C.O.Canarias-IEO).

10.2.1.5. Alimentación de los reproductores y gasto energético

Para el mantenimiento de los reproductores de pargo se han utilizado distintos tipos de dietas incluyendo piensos secos comerciales desarrollados para otras especies marinas, piensos húmedos, pescado y cefalópodos congelados (principalmente caballa y calamar), o bien mezclas de los anteriores. Los peces se alimentan generalmente con frecuencia diaria, en cantidades que oscilan entre el 1 y el 2% de la biomasa estabulada, o bien *ad libitum* utilizando o no alimentadores de demanda. En cualquier caso, el suministro de alimento se mantiene durante toda la puesta.

Aunque ha sido posible obtener puestas empleando todos los tipos de alimento citados, se carece de información sobre la influencia de la dieta en los resultados obtenidos. Numerosos estudios han demostra-



do la importancia de la adecuada composición del alimento para lograr resultados óptimos de reproducción y calidad de puesta en las especies cultivadas. Particularmente en especies con ovarios de maduración asincrónica, los nutrientes deben ser movilizados hacia las gónadas para el desarrollo de los huevos, durante un largo período antes y durante la estación de puesta, procedentes tanto de sus reservas endógenas como de la dieta (Almansa *et al.*, 2001). Un reciente ensayo preliminar realizado con el pargo sugiere que la dieta utilizada afectó a la fecundidad y calidad de huevos así como a su composición bioquímica (Abrehouch *et al.*, 2010) pero es evidente la necesidad de realizar futuros estudios en este campo.

El estudio de Aristizabal *et al.* (2007) mostró que, a pesar de que los reproductores de pargo se alimentaron durante la puesta, las hembras perdieron aproximadamente un 7% de su peso durante la temporada de freza, consumiendo un 22,8% de su energía total corporal en dicho período. Los autores señalan que la pérdida de energía experimentada por los tejidos no es suficiente para cubrir la demanda energética de la producción de huevos, por lo que el pargo debe utilizar tanto sus reservas energéticas como las procedentes del alimento para la maduración ovárica, dependiendo de la dieta para completar con éxito la reproducción.

10.2.2. Cultivo larvario

10.2.2.1. Características de huevos y larvas

Los huevos de pargo (Figura 8) son similares a los de otros espáridos: esféricos y transparentes con una sola gota de grasa. Según múltiples referencias, el diámetro medio del huevo es ligeramente inferior a 1mm y el de la gota de grasa es de aproximadamente 0,2 mm. Excepcionalmente puede observarse la gota de grasa subdividida en 2 o 3 gotas (Stephanou *et al.*, 1995; Cejas *et al.*, 1997b) lo que generalmente está asociado a puestas de peor calidad del principio y final de la puesta.

La incubación de los huevos se realiza con métodos idénticos a los empleados con la dorada y otras especies (en recipientes de distinto volumen, con renovación constante de agua filtrada y/o esterilizada

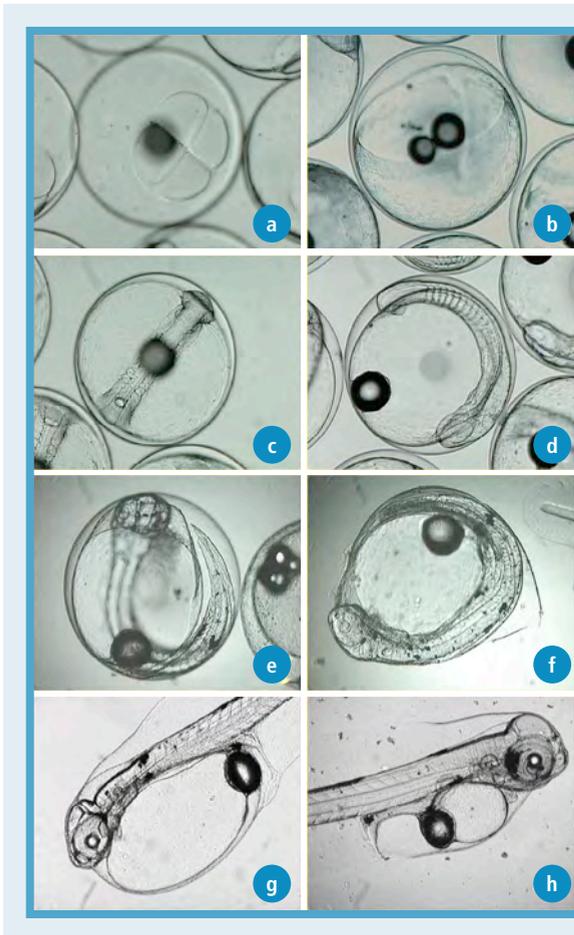


FIGURA 8.

Huevos y larvas de pargo. Huevos de 2 horas (a), 16 horas (b), 18 horas (c), 24 horas (d) y 42 horas (e) tras la fecundación. Momento de la eclosión 42 horas tras la fecundación (f). Larva de 2 horas (g) y 20 horas (h) tras la eclosión.

con UV, con una aireación suave que mantiene los huevos dispersos en la columna de agua) pudiendo separarse los huevos viables (flotantes) de los no viables (no flotantes) a lo largo del proceso. La eclosión se produce a las 50 horas tras la fecundación a una temperatura de 18 °C, aunque al igual que en otras especies, la duración del desarrollo embrionario hasta al eclosión varía en función de la temperatura (Saka *et al.*, 2005; Radonic *et al.*, 2005).

Las larvas recién eclosionadas (Figura 8) miden algo menos de 3 mm (entre 2,3 y 3,3 mm según múltiples referencias). La mayoría de sus



órganos están indiferenciados y durante las primeras 72 horas, mientras que las reservas endógenas del saco vitelino y la gota de grasa se consumen, se producirá una importante organogénesis que permitirá que las larvas inicien la alimentación exógena. En general, hasta los 35-45 días de edad, las larvas experimentan grandes cambios que las transforman en alevines semejantes a los adultos, y la secuencia temporal en la que ocurren estos cambios debe conocerse para establecer cuáles serán las etapas críticas durante el cultivo. En larvas de pargo, la evolución del sistema visual en relación al desarrollo del sistema digestivo ha sido estudiada con detalle por Roo *et al.* (1999), el desarrollo osteológico de las aletas por Coban *et al.* (2009) y el de las estructuras bucales por Aristizabal (2005). Otros trabajos describen el desarrollo morfológico y morfométrico de larvas y alevines hasta los 30, 70 o 100 días de edad (Mihelakakis *et al.*, 2001a; Machinandiarena *et al.*, 2003; Büke *et al.*, 2005). Por otra parte, los aspectos funcionales del sistema digestivo han sido objeto de varios trabajos (Darias *et al.*, 2005, 2006, 2007; Suzer *et al.*, 2007). La edad en horas o días a la que tienen lugar los distintos cambios morfológicos difiere ligeramente en varios estudios, probablemente por las distintas condiciones ambientales (principalmente la temperatura) y de cultivo aplicadas. Así, el periodo de transformación de las larvas en juveniles finaliza a los 32 días de edad (10,28 mm) para Mihelakakis *et al.* (2001a), a los 51 días (13 mm) para Machinandiarena *et al.* (2003) y los 45 días (15,3 mm) para Büke *et al.* (2005).

10.2.2.2. Técnicas de cultivo larvario. Infraestructura, metodologías y resultados

Las técnicas de cultivo larvario de peces, todas ellas basadas en el uso de presas vivas, pueden ser clasificadas en varias categorías: intensiva, semi-intensiva (o mesocosmos) y extensiva (Divanach y Kentouri, 2000), que se diferencian principalmente por la densidad de cultivo (n.º larvas/litro), el tipo y densidad de presas vivas utilizadas (plancton cultivado o natural), la infraestructura empleada (tipo y volumen de tanques y estanques), el nivel de control sobre las variables ambientales (iluminación, tasa de renovación de agua, etc.) y otras características operacionales y de rendimiento.



En general, la tecnología tiende a «intensificarse» según se avanza en el conocimiento sobre los requerimientos de cada especie, de forma que las técnicas intensivas (altas densidades de larvas en tanques de pequeño volumen) son las que se aplican tradicionalmente para la producción de alevines en los criaderos comerciales. Sin embargo, la tecnología semi-intensiva (bajas densidades de larvas en tanques de gran volumen) permite lograr resultados similares e incluso rendimientos biológicos superiores en algunas especies conocidas (dorada, lubina, sargo), y lo que es más importante, se ha mostrado efectiva para el cultivo larvario de al menos 25 especies de las que existían escasos conocimientos previos, incluyendo el pargo (Divanach y Kentouri, 2000).

La Figura 9 muestra un esquema de la técnica de cultivo larvario semi-intensivo que se viene aplicando en los últimos años en el C.O.Canarias-IEO con objeto de producir alevines de pargo destinados a la investigación y a la realización de ensayos piloto de engorde. El cultivo se lleva a cabo en tanques circulares de hormigón de fondo cónico de 50 m³ situados al aire libre y cubiertos por paneles tintados para reducir un 80% la intensidad de luz solar (Figura 10). Se suministra en continuo agua filtrada hasta 1 micra con tasas crecientes de renovación del medio (temperatura natural de 18,5-20,5 °C y salinidad de 36‰) y la iluminación artificial (24 h) se proporciona con 4 lámparas fluorescentes suspendidas a unos 70 cm de la superficie. La siembra se lleva a cabo con 200 000-250 000 larvas recién eclosionadas, lo que supone una densidad inicial de 4-5 larvas/litro. El régimen de alimentación empleado, las tasas de renovación del medio y el crecimiento larvario obtenido se reflejan en la Figura 9.

Este método ha permitido obtener en años sucesivos, supervivencias que oscilan entre 13 y 20% a los 60-90 días de edad (alevines de 28,6 mm). Las diferencias interanuales pueden estar relacionadas con las condiciones ambientales, principalmente con la temperatura, cuya media ha variado hasta 2 °C entre las distintas producciones anuales. Por otro lado, como se comenta más adelante, en nuestras condiciones de cultivo, el canibalismo es uno de los mayores problemas encontrados y supone pérdidas muy importantes en las últimas etapas del cultivo.

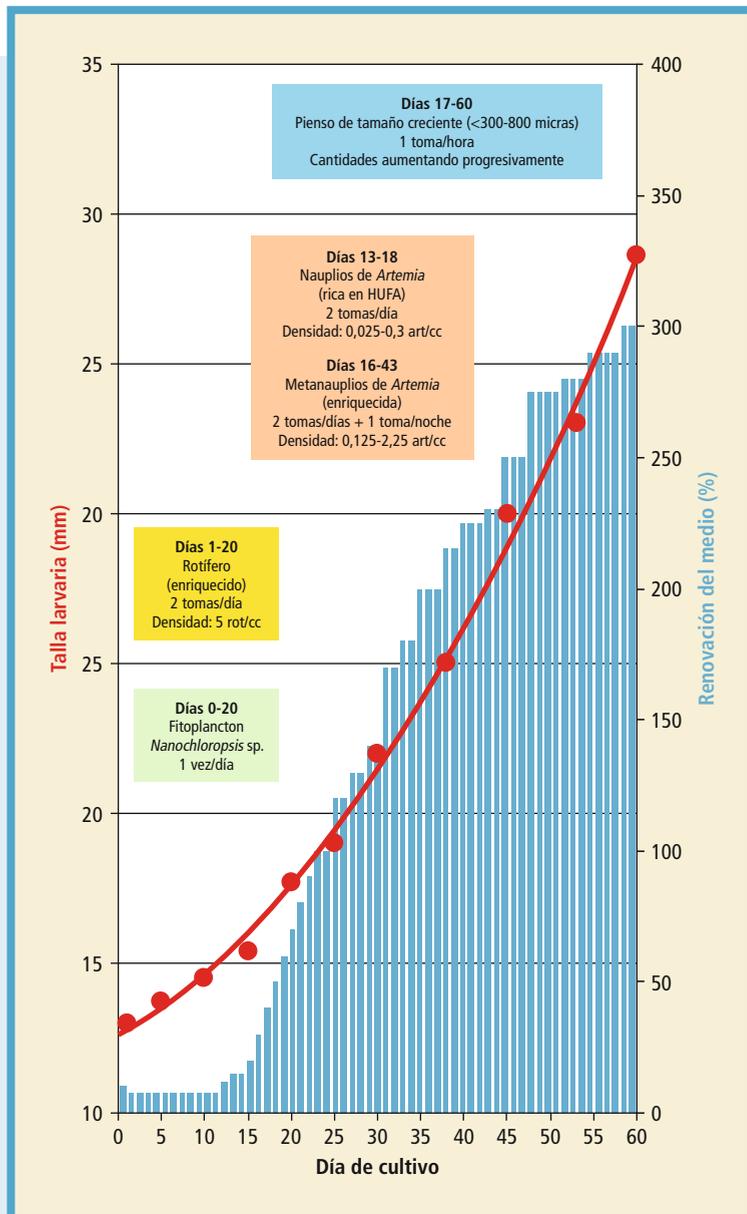


FIGURA 9.

Esquema del cultivo larvario semi-intensivo aplicado en el cultivo larvario de pargo en el C.O.Canarias-IEO.



FIGURA 10.

Zona de mesocosmos de la Planta de Cultivos Marinos del C.O.Canarias-IEO. Al fondo se aprecian los tanques larvarios de 50 m³ cubiertos por paneles tintados de negro, y a su derecha el invernadero para la producción de plancton.

El sistema intensivo se ha intentado aplicar en el pargo con diversos resultados en general muy variables y poco satisfactorios (Kentouri *et al.*, 1995; Hernández-Cruz *et al.*, 1999; Mihelakakis *et al.*, 2001a). Merece citarse el ensayo realizado en Grecia por la empresa Riopesca-Aquaculture, descrito por Kolios *et al.* (1997), en el cual el cultivo de 800 000 larvas en un tanque de 15 m³ (50 larvas/litro), permitió obtener 80 000 alevines de 1,4 g de peso medio de 80 días, lo que supuso una supervivencia del 10%.

Un trabajo interesante relativo al cultivo intensivo es el de Papandroulakis *et al.* (2004), que lograron supervivencias entre 48 y 68% a los 20 días de cultivo, mediante el uso de un sistema computarizado que gestiona el suministro continuado de fitoplancton y alimento (rotíferos, *Artemia*, pienso) a lo largo del día. Según sus observaciones, el consumo de alimento en el pargo es 3-4 veces superior al de la dorada y es importante cubrir sus demandas de manera continua para lograr buenos resultados, lo que no es posible utilizando el método tradicional de suministro manual del alimento.

En un estudio reciente de Roo *et al.* (2010a) se comparan los resultados obtenidos con el sistema intensivo y el semi-intensivo, concluyendo que actualmente, el mejor protocolo de cultivo larvario para



sostener una demanda regular de alevines de pargo es la tecnología semi-intensiva. En dicho trabajo se describen varios ensayos que se realizaron aplicando dos protocolos de administración de rotíferos y dos protocolos de destete, estudiando su efecto sobre el crecimiento, la supervivencia y la composición lipídica de las larvas, para cada uno de los sistemas de cultivo. Los mejores resultados se obtuvieron aplicando la técnica semi-intensiva con la que se logró una supervivencia máxima de 28,7% a los 50 días (alevines de 26,4 mm). Por otro lado, el porcentaje de alevines de 95 días con anomalías esqueléticas fue significativamente menor en el cultivo semi-intensivo (38,8%) que en el intensivo (46,5%) (Roo *et al.*, 2010b).

Igual que sucede en otras especies cultivadas, los alevines de pargo pueden presentar varios tipos de anomalías esqueléticas. Las más frecuentes son la fusión vertebral y la lordosis, pero también se observan otras como la malformación del cráneo, el acortamiento vertebral y la cifosis, mientras que el recorte del opérculo es muy poco frecuente en esta especie (Roo *et al.*, 2010b). Como se mencionó antes, la técnica de cultivo larvario semi-intensivo permite obtener un menor porcentaje de alevines con anomalías, disminuyendo concretamente la tasa de malformaciones del cráneo y la cifosis. Por otra parte, en pruebas realizadas con la técnica intensiva, se ha visto que el empleo de enriquecedores de rotíferos con diferente composición en ácidos grasos, afecta al porcentaje de malformaciones esqueléticas que presentarán los alevines producidos (Roo *et al.*, 2009), y particularmente el DHA parece jugar un papel importante en el correcto desarrollo del esqueleto (Izquierdo *et al.*, 2010). La influencia de la composición en ácidos grasos de los lípidos de la dieta sobre otros aspectos como el crecimiento y la supervivencia de larvas de pargo se ha reflejado ya en algunos trabajos (Hernández-Cruz *et al.*, 1999) pero se necesitan futuros estudios para establecer el nivel dietario adecuado de estos nutrientes esenciales.

10.2.2.3. Momentos críticos y picos de mortalidad durante el cultivo larvario

Un primer pico de mortalidad puede presentarse al inicio del cultivo larvario, entre los 4 y 10 días de edad, observándose que las larvas mue-



FIGURA 11.

Larva de pargo en la que se aprecia la inflación de la vejiga natatoria.

ren con el estómago vacío sin haber llegado a consumir alimento. En condiciones normales de desarrollo, los ojos y el sistema digestivo de las larvas parecen estar preparados para iniciar la captura de presas a los 3 días de edad, pero la gran mayoría de las larvas no empiezan a alimentarse hasta los 4 días (Roo *et al.*, 1999), y los últimos restos de la gota de grasa se consumen un día después de iniciar la alimentación (Mihelakakis *et al.*, 2001a; Buke *et al.*, 2005). Algunos autores sugieren que el pargo agota muy pronto sus reservas endógenas, existiendo un período de solapamiento muy escaso entre la alimentación endógena y la exógena. (Conides *et al.*, 2000; Conides y Glamuzina, 2001; Aristizabal, 2006). El escaso margen de tiempo para iniciar la captura de presas, junto al pequeño tamaño de la boca en relación al tamaño de las presas utilizadas, podrían ser la causa de la mortalidad encontrada en esta fase.

Otro momento crítico del cultivo tiene lugar con la inflación inicial de la vejiga natatoria (Figura 11), que en el pargo ocurre entre los 5 y 9 días de edad (Mihelakakis *et al.*, 2001a; Buke *et al.*, 2005; Morris *et al.*, 2008). Como en otras especies, la falta de una vejiga natatoria funcional provocará menores índices de crecimiento y deformaciones esqueléticas que no se hacen patentes hasta que se alcanza el estado juvenil. Sin embargo, el uso de *skimmers* (limpiadores de grasa superficial) permite que las larvas capten en la superficie el aire que necesitan para inflar la vejiga, evitando este problema.

Un segundo pico de mortalidad se presenta el día 20-25 de cultivo, estando asociado al suministro de *Artemia* como nueva presa. Aunque el cambio de rotíferos a nauplios de *Artemia* se realiza de forma pau-



latina, las larvas tienden a alimentarse compulsivamente con los nauplios y tienen problemas para digerir las nuevas presas (Kentouri *et al.*, 1995; Buke *et al.*, 2005). Estos problemas de digestión podrían estar relacionados con el desarrollo del sistema digestivo de las larvas de pargo. Aunque los primeros signos de glándulas gástricas se observan el día 19, éstas no alcanzan su completo desarrollo estructural hasta el día 26, y los primeros indicios de digestión ácida no se detectan hasta el día 30, incrementándose posteriormente con el desarrollo (Darias *et al.*, 2005; Suzer *et al.*, 2007). A partir de esta edad, el estómago empieza a ser totalmente funcional y los pargos adquirirán la capacidad digestiva de los adultos en pocas semanas, por lo que las dietas serán mejor utilizadas a partir de ese momento (Darias *et al.*, 2006, 2007).

Por otro lado, en este mismo período (20-25 días), al igual que ocurre en otras especies, las larvas de pargo experimentan un cambio importante en su capacidad visual debido al desarrollo de un nuevo tipo de fotorreceptores (bastones) que les proporcionan una mejor visión a menores intensidades de luz, y este cambio coincide con un mayor desarrollo del digestivo y la aparición de glándulas gástricas (Roo *et al.*, 1999). En el medio natural, las larvas pueden cambiar su comportamiento y migrar hacia aguas más profundas, pero en condiciones de cultivo, es necesario disminuir la intensidad de luz en esta etapa para evitar problemas de mortalidad, especialmente si se tiene en cuenta que en este momento se detiene el suministro de fitoplancton que hasta entonces limitaba en gran medida la penetración de la luz en el tanque (Kolios *et al.*, 1997).

A partir del día 35-40, el mayor problema encontrado en esta especie es el canibalismo (Büke *et al.*, 2005; Roo *et al.*, 2010a; C.O.Canarias-IEO, datos no publicados), que se va incrementando hasta que los alevines pueden ser extraídos del tanque, clasificados por tamaños y trasvasados a los tanques de preengorde.

10.2.3. Preengorde

El período de preengorde comienza con la extracción de los alevines del tanque larvario, cuando ha finalizado el proceso de destete y los alevines están consumiendo únicamente pienso. En función de los



sucesivos ensayos de cultivo larvario semi-intensivo realizados en el C.O.Canarias-IEO, se estima que el momento idóneo para el inicio del preengorde se sitúa alrededor de los 60 días de edad, cuando los alevines alcanzan los 0,47 g de peso medio, ya que la manipulación de los pargos entre los 45 y los 55 días de edad provoca la muerte súbita de un alto porcentaje de los peces. Las carencias nutricionales de lípidos se han relacionado en otras especies con la muerte súbita por manipulación (síndrome de shock), pero no explican lo que ocurre en este caso, ya que los mismos peces, solo unos días más tarde, pueden manipularse sin problemas. Por otro lado, extender el período de permanencia en los tanques larvarios hasta los 80 o 90 días no es aconsejable, ya que pueden presentarse patologías probablemente asociadas al deterioro del medio.

Existen pocas referencias sobre los resultados de crecimiento obtenidos específicamente en este período. En las condiciones de cultivo del C.O.Canarias-IEO (19-21 °C), los alevines traspasados a los tanques de preengorde con 0,5 g y 60 días de edad, alcanzan 2,5 g a los 90 días. Otros autores señalan la obtención de juveniles de 1,4 g a los 80 días (20-22 °C) (Kolios *et al.*, 1997), de 2,3 g a los 100 días (22-23 °C) (Büke *et al.*, 2005) y de 3,8 g a los 91 días (22 °C) (Morris *et al.*, 2008). La variación en los resultados puede explicarse por las distintas condiciones ambientales y de cultivo aplicadas, así como por los resultados previamente obtenidos durante el cultivo larvario.

Durante esta fase de preengorde, puede continuar la mortalidad debida al canibalismo, que se acentúa cuando existe una alta dispersión de tallas, con altas densidades de cultivo o si los peces no reciben suficiente alimento. Este fenómeno tiende a disminuir con el aumento de peso de los ejemplares pero no desaparece por completo hasta que los peces alcanzan al menos los 30 g (C.O.Canarias-IEO, datos no publicados).

10.2.3.1. Transporte de alevines

Pavlidis *et al.* (2003) realizaron un estudio para determinar las mejores condiciones para el transporte de los alevines de pargo desde las instalaciones de cría hasta las de engorde, indicando que un protocolo óptimo consiste en el transporte a densidades de 20-25 kg/m³ sin



empleo de anestesia. Dado que los alevines son muy sensibles a los cambios de temperatura, durante el traslado debe mantenerse la misma a la que hayan estado sometidos en las instalaciones de origen (preferiblemente 19 °C).

10.2.4. Engorde

Existen pocas publicaciones que aporten información sobre los parámetros de crecimiento del pargo durante toda la fase de engorde hasta alcanzar la talla comercial, y la comparación de los datos obtenidos resulta difícil, debido a las distintas condiciones ambientales y técnicas de cultivo aplicadas en cada caso (tanques o jaulas, tipo y cantidad de alimento, régimen de alimentación, etc.). Por otra parte, diferencias genéticas entre las poblaciones estudiadas, especialmente entre las de ambos lados del Atlántico (Ball *et al.*, 2003; 2007), también podrían también afectar al crecimiento (Morris *et al.*, 2008). Asimismo, hay que tener en cuenta que los estudios realizados sobre el crecimiento del pargo, se han llevado a cabo empleado piensos comerciales diseñados para otros peces marinos (generalmente para dorada), por lo que los resultados obtenidos deben ser considerados como preliminares y no concluyentes, siendo necesario abordar la formulación de dietas adaptadas a los requerimientos de esta especie (Mihelakakis *et al.*, 2001b).

Los primeros estudios que se llevaron a cabo para comparar el crecimiento del pargo con el de otras especies en condiciones similares de cultivo se realizaron en Grecia con un régimen de temperatura anual que osciló entre 12,8 y 26,5 °C. Alevines capturados en el medio natural con 1,8 a 13,0 g, situados en tanques raceways y alimentados con pienso comercial para dorada, alcanzaron 280 g en el primer año de cultivo y de 550 g en el segundo, lo que supuso un crecimiento similar al de la dorada aunque con índices de conversión del alimento superiores (3,0-3,5) (Divanach *et al.*, 1993; Kentouri *et al.*, 1995). Resultados similares se obtuvieron en Chipre con temperaturas que oscilaron entre 14,5 a 28,0 °C. Pargos capturados del medio natural con 30 g, alcanzaron pesos medios de 300 g y 610 g en el primer año y segundo año de cultivo, observándose un crecimiento más rápido en los meses de verano (Stephanou *et al.*, 1995).



En los primeros estudios realizados en Canarias, con temperaturas anuales entre 17,5 y 23,2 °C, utilizando en este caso ejemplares producidos en cautividad, también se obtuvieron parámetros de crecimiento del pargo comparables a los de dorada, al menos durante las primeras etapas del engorde. 1 500 alevines de 2,5 meses de edad y 1,9 g de peso medio se mantuvieron en un tanque circular al aire libre de 50 m³, y se alimentaron manualmente con varias tomas diarias de pienso comercial de dorada, alcanzando los 120 g de peso medio tras 8 meses de engorde con 10,5 meses de edad (Cejas *et al.*, 1999a). Ensayos posteriores realizados en las mismas condiciones aportaron resultados similares. Concretamente la Figura 12 muestra el crecimiento en peso de 4 grupos de pargos producidos en cautividad en 4 temporadas sucesivas (1998 y 2001). Las diferencias observadas entre los distintos grupos pueden estar relacionadas con la distinta fecha de nacimiento

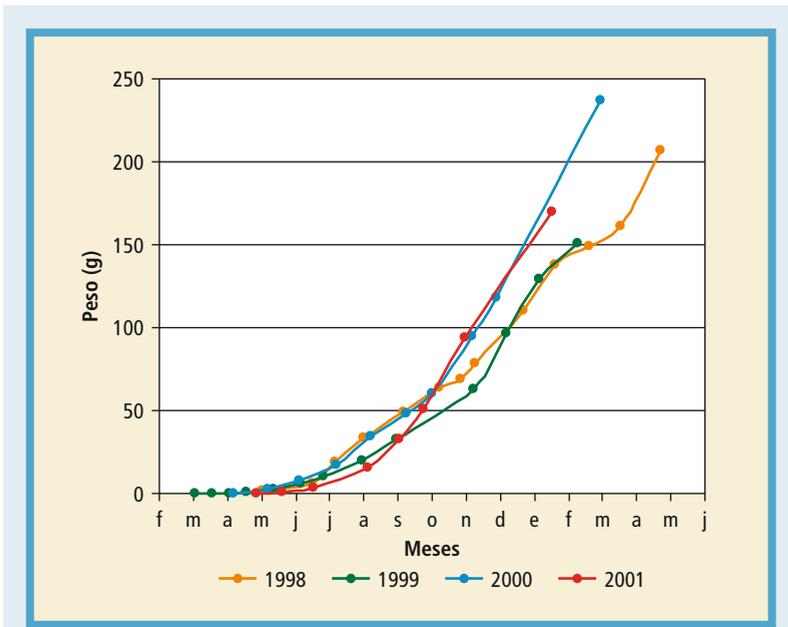


FIGURA 12.

Crecimiento en tanque de 4 grupos de pargos nacidos en cautividad (entre marzo-mayo) en las temporadas 1998 a 2001. (Datos registrados en los ensayos realizados en el C.O.Canarias-IEO).

(entre el 23 de marzo y el 16 de mayo) e inicio del periodo de engorde, que condiciona el régimen de temperaturas durante el cultivo, sin descartar posibles diferencias genéticas entre los distintos lotes.

Asimismo cabe citar las primeras pruebas piloto de engorde en jaulas realizadas en Canarias en las que se comparó el crecimiento obtenido en jaulas flotantes (5 m de diámetro) y tanques en tierra (50 m³). La Figura 13 recoge los resultados de las dos pruebas realizadas en 1998 y 1999, en las que 4 grupos de 1 500 juveniles de 60 g de peso medio inicial, alimentados con pienso comercial para dorada, alcanzaron la talla comercial (350 g) en un periodo de 12 meses. En estos ensayos se observó un cierto estancamiento del crecimiento cuando los peces alcanzan aproximadamente 200-250 g, coincidiendo con el periodo de mínimas temperaturas anuales en Canarias.

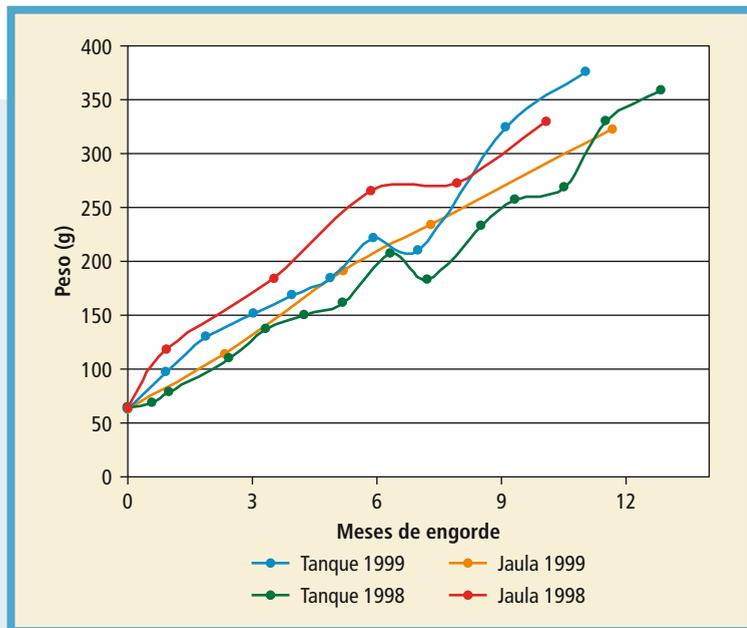


FIGURA 13.

Engorde de pargos en jaulas flotantes y tanques en tierra desde 60 g hasta talla comercial (350 g). (Datos medios registrados en los muestreos durante las pruebas piloto realizadas por el C.O.Canarias-IEO en 1998 y 1999).



Más recientemente se han reportado resultados similares en el otro lado del Atlántico (Carolina del Norte). 1 201 alevines de 80 días de edad y 3,0 g engordados en tanques al aire libre tipo raceway de 11,3 m³, bajo temperatura constante de 21 °C, alimentados con pienso comercial en una cantidad de 1,5 de la biomasa/día, alcanzaron 158 de peso medio en 10,4 meses, con un índice de conversión de 1,1 (Morris *et al.*, 2008). La tasa de supervivencias fue de 94%.

Una de las escasas referencias que existen sobre datos obtenidos en condiciones de cultivo comercial es el ensayo realizado por Kolios *et al.* (1997) en Grecia (Riopesca-Aquaculture), donde 40.000 alevines de 80 días de edad y 1,4 g se engordaron en jaulas flotantes de 250 m³, bajo un régimen anual de temperaturas que osciló entre 14 y 25 °C, alcanzando un peso de 360 ± 12 g en 19 meses, con un índice de conversión del alimento de 1,8. El porcentaje de supervivencia fue de 92%. Aunque los resultados se califican de satisfactorios, los autores sugieren que podrían mejorarse seleccionando el momento de introducción en las jaulas para aprovechar las temperaturas óptimas de crecimiento.

10.2.4.1. Influencia de diversos factores sobre el crecimiento

Son muchos los factores que pueden afectar al crecimiento de los peces, entre ellos, la temperatura del agua, el tamaño y forma de los tanques, la densidad de estabulación, la tasa de renovación del medio y el nivel de oxígeno disuelto, la edad y talla de los peces, la cantidad de alimento y estrategia de alimentación, etc., y muchos de ellos interactúan entre sí. La influencia de algunos de estos factores sobre el crecimiento del pargo se ha estudiado en condiciones controladas de laboratorio (en tanques de pequeño volumen, con un número limitado de ejemplares y en cortos periodos de tiempo de 2 a 8 semanas).

La calidad del agua es uno de los factores básicos a considerar ya que el crecimiento del pargo puede verse afectado por ella. Cuando varios grupos de peces de 70 g de peso medio, se situaron en tanques dispuestos en serie, donde el agua de salida de un tanque se utilizó para la renovación del siguiente, la supervivencia fue similar en todos los tanques, sin embargo, tras 8 semanas de engorde, los peces situados en los últimos tanques, que recibieron agua de peor calidad, pre-



sentaron una tasa diaria de alimentación más baja y un índice de conversión del alimento más alto, lo que se tradujo en un crecimiento inferior (Kentouri *et al.*, 1994).

Suárez (2004) realizó ensayos de corta duración (30 días), para establecer el efecto combinado de dos temperaturas (18 y 22 °C) y tres salinidades (21, 27 y 33‰) sobre la supervivencia y el crecimiento en pargos de 80 g de peso medio, obteniendo una supervivencia del 100% en todos los casos. La influencia de las distintas temperaturas y salinidades ensayadas sobre el crecimiento resultó poco significativa cuando se analizó cada parámetro de forma independiente. Sin embargo, si se detectó un fuerte efecto de interacción entre ambas variables sobre el crecimiento. Dada la amplia distribución geográfica de esta especie, es previsible que pueda soportar un amplio rango de temperatura y salinidad en condiciones de cultivo, pero una combinación adecuada de ambas variables ambientales, junto a un adecuado régimen de alimentación, podría optimizar los resultados.

El pargo exhibe una alimentación preferentemente diurna cuando se les da libre acceso al alimento durante las 24 horas del día mediante alimentadores de demanda. Sin embargo, si se restringe el alimento a un periodo de solo 6 horas durante la mañana o 6 horas durante la noche, los pargos de más de 5 g se muestran capaces de adaptarse a la nueva situación y su crecimiento apenas se ve afectado por la restricción horaria (Maragoudaki *et al.*, 1999). Únicamente en verano, cuando los alevines se encuentran en las primeras etapas del engorde, se obtienen crecimientos inferiores cuando la alimentación se restringe a las horas de la noche. Por el contrario, los peces muy jóvenes, de unos 3 meses de edad, si tienen dificultades de adaptación a la alimentación restrictiva nocturna, lo que puede provocar el ayuno total y la muerte de los peces (Maragoudaki *et al.*, 2001).

En general, esta especie parece adaptarse con facilidad a los cambios de régimen de alimentación o a situaciones controladas de privación del alimento. Grupos de pargos de 1 año de edad sometidos a periodos de ayuno entre 7 y 28 días, presentan un crecimiento compensatorio tras reiniciarse el suministro de alimento, de forma que dos meses después muestran un crecimiento similar al de los grupos de control no sometidos al ayuno, así como una composición corporal



(% humedad, lípidos y proteínas) sin cambios significativos (Rueda *et al.*, 1998).

Mihelakakis *et al.* (2001b) establecieron que la óptima ración de alimento para el engorde de ejemplares jóvenes de pargo (11 g de peso medio inicial) a 24 °C, es 1,5 biomasa/día. Ensayando 4 raciones diferentes comprendidas entre 0,5 y 2,0% biomasa/día, observaron que la ración influía significativa sobre todos los parámetros de crecimiento considerados: peso medio final, porcentaje de incremento en peso, índice de conversión del alimento y factor de condición. El uso de diferentes raciones afectó también de forma significativa al índice hepatosomático y la composición corporal de los pargos (porcentajes de humedad, proteínas, lípidos y ceniza).

10.2.4.2. Requerimientos nutricionales

Como se comentó anteriormente, la formulación de piensos específicos para el pargo apenas se ha iniciado, si exceptuamos los estudios relacionados con la necesidad de inclusión de pigmentos en su dieta para lograr la coloración natural en esta especie.

Uno de los pocos estudios llevados a cabo en este campo ha tenido por objetivo establecer el nivel mínimo de proteínas que produce el máximo crecimiento, así como la óptima relación proteína/energía para la dieta de alevines de pargo. Para ello se llevaron a cabo dos ensayos de 3 meses de duración empleando ejemplares de 2,8 g y 15 g de peso inicial respectivamente y se probaron niveles entre 400 y 650 g/kg de proteína y entre 100 y 200 g/kg de lípidos. Los mejores resultados se obtuvieron con una dieta conteniendo 500 g/kg de proteína y 150 g/kg de lípidos (Schuchardt *et al.*, 2008).

La comparación de la composición bioquímica de ejemplares salvajes y cultivados supone un primer acercamiento para la determinación de los requerimientos nutricionales de las especies cultivadas, ya que aporta información sobre las posibles deficiencias que presentan los peces mantenidos en cautividad y facilita el diseño de dietas experimentales. Analizando la composición lipídica del músculo en pargos salvajes y cultivados, Rueda *et al.* (1997) y Loukas *et al.* (2010) han mostrado que, al igual que ocurre en otras especies, el porcentaje de lípido total es superior en los cultivados. Asimismo, el patrón de ácidos



grasos del lípido total del músculo difiere en ambos tipos de peces, reflejando la composición de la dieta en el caso de los cultivados.

Teniendo en cuenta que numerosos estudios han mostrado la influencia de la composición lipídica y de ácidos grasos de la dieta sobre muchos procesos asociados a las distintas etapas de cultivo de las especies marinas, sería necesario establecer las consecuencias que pueden tener las diferencias encontradas entre salvajes y cultivados sobre los rendimientos biológicos obtenidos hasta ahora con el pargo, tratando al mismo tiempo de establecer los adecuados niveles de estos nutrientes en su dieta.

En cualquier caso, es importante señalar que las diferencias encontradas en la composición lipídica de los peces cultivados respecto a los salvajes, no afectan a la calidad del pargo cultivado como producto para el consumo humano (Rueda *et al.*, 1997) y puede considerarse como una fuente adecuada de fosfolípidos y ácidos grasos poliinsaturados especialmente de la serie $\omega 3$ (Loukas *et al.*, 2010).

10.2.4.3. Problemas de coloración-Requerimiento de pigmentos

Desde que se realizaron los primeros estudios sobre el pargo, se detectó uno de los principales problemas que afectan al cultivo de esta especie. El engorde de los peces en tanques y jaulas, utilizando piensos comerciales desarrollados para otros peces marinos, provoca que los peces adquieran una coloración gris oscura y no presenten la coloración externa rojiza propia de esta especie en su medio natural. Este problema supone una importante limitación para la comercialización del pargo de cultivo, ya que un aspecto externo saludable es indispensable para la aceptación de los productos acuícolas en el mercado. Por esta razón, se han llevado a cabo numerosos estudios que abordan este tema desde distintos puntos de vista: nutricional, medioambiental y neuroendocrino, ya que son varios los factores que pueden influir sobre la coloración.

La pigmentación en los peces depende de la absorción y deposición de los pigmentos carotenoides que se encuentran en su dieta, ya que igual que ocurre con otros vertebrados, los peces son incapaces de sintetizar los carotenoides *de novo*. En el medio natural, el pargo se alimenta en gran medida de crustáceos decápodos ricos en carotenoides, por



lo que su decoloración en condiciones de cultivo está relacionada con la ausencia de estos pigmentos en los piensos de engorde. Los primeros ensayos realizados en este sentido, mostraron que los alevines de pargo alimentados durante 4 meses con un 88% de pienso comercial de dorada y un 12% de camarón *Pleisionika* sp. (aprox. 33 mg de carotenoide total por kg de alimento consumido en peso seco), eran capaces de utilizar de manera eficiente los carotenoides procedentes de la dieta y acumularlos en su piel, adquiriendo una coloración similar a la de los ejemplares salvajes (Cejas *et al.*, 2003).

Los estudios posteriores llevados a cabo por varios grupos de investigación se han centrado en establecer el tipo y la dosis de pigmentos dietarios que permiten obtener los mejores resultados. Chatzifotis *et al.* (2005) estudiaron el efecto de dietas suplementadas con tres fuentes diferentes de carotenoides (100 mg/kg de dieta): astaxantina esterificada del alga *Haematococcus pluvialis*, β -caroteno y licopeno, encontrando que solo la dieta que contenía astaxantina tenía efecto sobre la pigmentación de la piel y lograba que los pargos adquirieran una coloración similar a la de sus homólogos salvajes. Kalinowski *et al.* (2005) obtuvieron resultados similares en cuanto al efecto positivo de la astaxantina frente a otros carotenoides. Observaron que una dosis de astaxantina de 40 mg/kg, aportada al pienso mediante la sustitución



FIGURA 14.
Tanques utilizados para los ensayos con diferentes dietas experimentales. Planta de Cultivos Marinos del C.O.Canarias-IEO.



ción parcial de la harina de pescado por harina de cáscara de camarón, era suficiente para lograr la coloración rojiza de la piel, mientras que los piensos suplementados con dosis de cantaxantina de hasta 100 mg/kg no conseguían pigmentar la piel de los peces. En estudios posteriores, Kalinowski *et al.* (2007) encontraron que una dosis inferior de astaxantina (21,2 mg/kg), igualmente procedente de la harina de cáscara de camarón incorporada al pienso, es suficiente para lograr buenos resultados si los peces se alimentan durante un período de 120 a 180 días.

Tejera *et al.* (2007) ensayaron dietas suplementadas con distinto tipo de astaxantina, esterificada y no esterificada, en diferentes dosis de 25 y 50 mg/kg de dieta (Figura 14). Después de 4 meses de engorde se comprobó que la astaxantina esterificada era el tratamiento más eficaz, dando lugar a concentraciones más altas de carotenoides en la piel junto a mejores resultados de pigmentación. La dieta conteniendo 25 mg/kg de astaxantina esterificada permitió obtener la coloración más natural (Figura 15). En este estudio, el análisis de la piel mostró que, independientemente del tipo de astaxantina suministrado en la dieta, el carotenoide más abundante en la piel es la astaxantina en forma esterificada. La tunaxantina, que no se suministró en la dieta, fue el segundo carotenoide más abundante, lo que sugiere una capacidad de transformación metabólica de la astaxantina en tunaxantina. Por el contrario, los pargos, al igual que otros espáridos de coloración rojiza, no muestran capacidad para convertir el β -caroteno, la zeaxantina o la luteína en astaxantina. Cuando los pargos se alimentan con dietas suplementadas con xantofilas amarillas procedentes de *Spirulina* y alfalfa, no se detecta astaxantina en la piel sino que los pigmentos se depositan en ella como carotenoides amarillos, entre ellos la tunaxantina (Chatzifotis *et al.*, 2011).

La inclusión de diferentes tipos y dosis de pigmentos en la dieta no ha mostrado tener influencia sobre el engorde del pargo. En los distintos ensayos realizados se ha obtenido un crecimiento similar en los grupos de peces alimentados con o sin suplemento de carotenoides en la dieta (Cejas *et al.*, 2003, Chatzifotis *et al.*, 2005, 2011; Kalinowski *et al.*, 2005; Tejera *et al.*, 2007, 2010). Sin embargo, probando distintos períodos de administración (de 60, 120 y 180 días previos a la



FIGURA 15.

Ejemplares de bocinegro mostrando distinta coloración, tras ser alimentados con dietas experimentales de distinto contenido en carotenoides.

cosecha) con una misma dieta (conteniendo harina de carcasa de camarón) si se ha obtenido un crecimiento superior en los peces alimentados durante un período más prolongado (180 días) (Kalinowsky *et al.*, 2007). Recientemente se ha comparado la eficacia de varias dietas con diferentes proporciones de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) y cangrejo marino (*Chaceon affinis*), que aportan una fuente de pigmentos dietarios y una fuente alternativa de proteínas (García *et al.*, 2010). Tras un periodo de 6 meses, la dieta con un contenido superior de harina de cangrejo marino dio lugar a los mejores resultados de coloración, y también a tasas superiores de crecimiento asociadas a tasas más altas de ingestión. Los autores sugieren que la harina de crustáceos, que forman parte de la dieta natural del pargo, podría ser un buen candidato para la sustitución parcial de la harina de pescado en esta especie.

Las investigaciones citadas anteriormente se han realizado en tanques situados en instalaciones cubiertas, pero en una publicación



reciente de Tejera *et al.* (2010) se describen los resultados del engorde de pargo en jaulas flotantes utilizando una dieta con 22 mg/kg de astaxantina sintética y se comparan los datos con los obtenidos en tanques cubiertos. Tras un período de 17 meses, ambos grupos de peces adquirieron una coloración rojiza, pero los ejemplares de la jaula presentaron una pigmentación más oscura, que reflejaba una mayor deposición de melanina, astaxantina y tunaxantina en su piel. Los resultados indican que las condiciones de luz en las jaulas flotantes, donde la intensidad de luz es un 90% superior a la de los tanques, pueden influir sobre la síntesis de melanina y la deposición de carotenoides en la piel de los pargos. En consecuencia, para lograr la pigmentación natural de esta especie durante su engorde en jaulas, será necesario encontrar un balance adecuado entre la dosis de astaxantina de la dieta y la intensidad de luz. Por ello, en un trabajo posterior de este grupo de investigación se ha probado una dieta suplementada con dosis inferiores de astaxantina (en este caso esterificada), empleando mallas de sombreo para disminuir la intensidad de luz en las jaulas flotantes (Cejas *et al.*, en preparación).

La determinación objetiva del color es un tema complejo y algunos autores han tratado de establecer parámetros específicos para su valoración en la piel de los peces (Pavlidis *et al.*, 2006). Considerando los tres parámetros utilizados generalmente para la determinación objetiva del color por refractancia: luminosidad (L^*), tono (H^*_{ab}) y cromaticidad (C^*_{ab}) (definidos por la Comisión Internacional de Iluminación CIE), varios trabajos han señalado que el tipo y dosis de carotenoides de la dieta influyen sobre el tono (H^*_{ab}) y a la cromaticidad (C^*_{ab}), mientras que la luminosidad (L^*) no parece verse afectada por la inclusión de estos pigmentos en la dieta (Chatzifotis *et al.*, 2005; Kalinowski *et al.*, 2005, 2007; García *et al.*, 2010). Los valores inferiores de luminosidad (L^*) que se dan en los pargos cultivados respecto a los salvajes, parecen estar influidos por otros factores relacionados con las condiciones de cultivo como la intensidad de luz, el color del tanque, el espectro de luz incidente, la temperatura del agua o incluso la densidad de cultivo (Szisch *et al.*, 2002; Van der Salm *et al.*, 2004, 2006; Pavlidis *et al.*, 2008; Chatzifotis *et al.*, 2011). Concretamente, Pavlidis *et al.* (2008) encuentran que bajas intensidades de luz, tanques de



color blanco y una temperatura del agua de 19 °C incrementan significativamente la luminosidad (L^*) de la piel de los pargos y que este efecto está condicionado por los cambios en la agregación de los melanóforos y la concentración de melanina. La relación entre la luminosidad L^* , la distribución de los melanóforos y la concentración de melanina en la piel ha sido citada también para la dorada japonesa *Pagrus major* engordada en jaulas con y sin mallas de sombreo (Adachi *et al.*, 2005).

En los teleósteos, los cambios de color pueden estar regulados por el sistema hormonal, el sistema nervioso, o más comúnmente por ambos. Los estudios realizados en el pargo no han encontrado una relación entre el oscurecimiento de la piel y los niveles plasmáticos de la hormona α -MSH, la principal hormona causante del oscurecimiento de la piel en otras especies (Szisch *et al.*, 2002; Rotland *et al.*, 2003; Van der Salm *et al.*, 2004) por lo que se ha sugerido que otros mecanismos neuronales pueden estar implicados en la regulación de la motilidad, el tamaño y densidad de los melanóforos en esta especie (Van der Salm *et al.*, 2004; Fanouraki *et al.*, 2007).

10.2.5. Problemas específicos de manejo y patología

Durante la captura de ejemplares de pargo en el medio natural, es frecuente que se produzca la inflación de la vejiga natatoria, un problema que puede resolverse pinchando la vejiga con una aguja hipodérmica a través del tejido muscular y extrayendo el exceso de aire mediante una ligera presión aplicada en ambos lados del cuerpo.

Esta especie pierde las escamas con facilidad durante su manipulación por lo que es recomendable el uso de redes suaves para el manejo de los peces. Después de los traslados, cambios de tanque, muestreos, etc., es conveniente prevenir la infección de las posibles heridas con tratamientos aplicados en forma de baños en el propio tanque de cultivo (con sulfato de cobre, formalina, furazolidona, etc.).

En grupos de alevines, juveniles y adultos mantenidos en el C.O.Canarias-IEO, se ha observado que ciertos factores externos al tanque, como por ejemplo cambios bruscos en la iluminación artificial, pueden alterar la natación normal de los peces, provocando movimientos muy rápidos que ocasionan colisiones contra las paredes o



saltos fuera del tanque. Este comportamiento, que ha sido citado por diversos autores, se produce en ocasiones sin que exista una causa externa que lo provoque, quizá como consecuencia de conductas sociales poco conocidas de dominancia o territorialidad (Suárez, 2004). La alta frecuencia de infecciones oculares que se da en los ejemplares adultos ha sido atribuida por Morris *et al.* (2008) a los daños provocados por los choques con las paredes del tanque. En general, los ojos de los pargos son bastante sensibles y la exoftalmia es bastante común (Kentouri *et al.*, 1994, 1995). Los ejemplares, especialmente los adultos reproductores, pierden en ocasiones alguno de los ojos, pero la herida suele cicatrizar y los peces sobreviven varios años sin problemas (C.O.Canarias-IEO, datos no publicados).

Hasta el momento se han descrito pocas patologías relacionadas con el cultivo de pargo. En el caso de los ensayos y estudios realizados en tanques, la mortalidad suele concentrarse en los días siguientes a la manipulación de los peces, probablemente como consecuencia de las heridas sufridas durante la misma. Al igual que ocurre en otros espáridos, el parásito que aparece con mayor frecuencia en instalaciones en tierra del Mediterráneo y Canarias es *Cryptocaryon irritans*, que afecta a ejemplares de todas las edades pero causa mayores porcentajes de mortalidad en los ejemplares más jóvenes. En el mantenimiento de ejemplares adultos en la costa oeste del Atlántico se han citado también algunas complicaciones debidas a *Cryptocaryon irritans*, *Amyloodinium ocellatum* y monogeneas, resueltas con la aplicación de tratamientos de sulfato de cobre, triclorfon o hidrocloreuro de quinina (Morris *et al.*, 2008).

Durante el engorde de pargos en jaulas, se ha citado una infección bacteriana debida a *Pasteurella piscicida* en ejemplares de 30-40 g, que se resolvió con buenos resultados gracias al rápido tratamiento de los peces con la administración oral de ácido oxolínico (Kolios *et al.*, 1997). En jaulas de la misma zona del Mediterráneo (Grecia), se ha registrado más recientemente una infección provocada por el parásito monogeneo *Microcotyle* sp. (Katharios *et al.*, 2006). En este caso, se realizó primero un ensayo en tanques para determinar la eficacia del tratamiento con dos productos diferentes, formalina (baños de 200 ppm durante 1 hora) y mebendazol (baños de 400 ppm durante



1 hora). La formalina mostró una mayor efectividad, por lo que se aplicó en las jaulas el mismo tratamiento, logrando la eliminación del parásito en las branquias de los peces, la desaparición de la mortalidad y la rápida recuperación de los peces.

Existe también una referencia que describe la infección de alevines (aprox. 30 g) producidos en un criadero comercial (Turquía) por *Listonella anguillarum*, bacteria que afecta a un amplio rango de especies de peces de agua dulce y marina así como a crustáceos y bivalvos (Korum y Gokoglu, 2007). El tratamiento con flumequine administrado en el alimento (50 mg / kg de biomasa / día) durante 7 días resultó efectivo para controlar la mortalidad.

10.3. PERSPECTIVAS DE CULTIVO

El pargo forma parte de un grupo de especies de la familia de los espáridos que se seleccionaron durante la década de los 90 como candidatas para la acuicultura, debido a su gran aceptación en un amplio mercado, su alto valor comercial y la calidad de su carne. Como ventaja adicional, se consideró *a priori* que la tecnología de cultivo para estas especies podría desarrollarse a partir de las técnicas que ya se aplicaban para la producción comercial de dorada (*Sparus aurata*), sólo con pequeñas adaptaciones para cada caso. Las investigaciones realizadas han mostrado que aunque dichas técnicas son efectivamente aplicables en muchos aspectos básicos, cada especie presenta características peculiares y requerimientos propios que es necesario atender para alcanzar buenos rendimientos biológicos y la rentabilidad de la producción.

Todos los estudios y experiencias comerciales llevados a cabo hasta la fecha señalan el potencial del pargo para la acuicultura y su tecnología básica de cultivo puede considerarse desarrollada. Sin embargo, aún no es posible alcanzar con esta especie el rendimiento biológico y comercial que se obtiene con la dorada como especie de referencia, por lo que es indudable la necesidad de continuar investigando para optimizar los resultados de forma que el pargo pueda ser considerado por los empresarios del sector como una alternativa interesante. Aunque la industria quiere y necesita diversificar su producción con



nuevas especies, a corto y medio plazo está limitada por su necesidad de ingresos que están más garantizados con las especies consolidadas (Bodington, 2000).

El esfuerzo investigador que se ha llevado a cabo con el pargo está muy lejos de alcanzar el realizado con otras especies marinas de cultivo comercial consolidado. Por poner un ejemplo, las publicaciones científicas que existen referidas al cultivo de la dorada, multiplican al menos por 20 las relativas al cultivo de pargo. No cabe duda de que la producción comercial de esta especie se beneficiaría de un mayor esfuerzo en investigación que debería estar respaldado por un impulso político y económico.

Entre los temas que sería necesario abordar cabe señalar el estudio de los requerimientos nutricionales específicos del pargo en sus distintas fases de desarrollo, ya que la correcta alimentación es necesaria para mejorar los rendimientos de la reproducción, aumentar la supervivencia y calidad de los alevines producidos y optimizar los rendimientos del engorde. Asimismo sería importante acometer programas de gestión de reproductores y de mejora genética, que permitieran la selección de los ejemplares cultivados en función de diversos caracteres de interés para la acuicultura como un más rápido crecimiento o una mayor resistencia al estrés o enfermedad.

Por lo que se refiere al problema de pigmentación que presentan los pargos durante el engorde, que ha sido uno de los principales problemas detectados y estudiados en esta especie, las investigaciones más recientes han señalado el tipo y dosis de pigmentos que deben incorporarse al pienso para que los peces adquieran la típica coloración rojiza de los ejemplares salvajes. Cuando el engorde se realiza en jaulas flotantes, puede ser también necesaria la utilización de mallas de sombreado (Tejera *et al.*, 2010), aunque el cultivo de la especie en jaulas sumergidas como el realizado en Creta (Suquet *et al.*, 2009) podría también resolver el problema.

La amplia distribución geográfica del pargo en ambas costas del Atlántico y en el Mediterráneo, permitiría que la especie fuera objeto de cultivo en muchos países, evitando los riesgos que pueden ir asociados a la introducción de especies exóticas o localmente ausentes, y cumpliendo las normas y objetivos establecidos en el Reglamento (CE)



708/2007 del Consejo de 11 de junio de 2007. De hecho, el pargo figura actualmente en la lista de especies de interés para diversificar la producción de acuicultura en muchos países con costas mediterráneas y de ambos lados del Atlántico: España, Portugal, Grecia, Chipre, Turquía, Marruecos, Argentina y Estados Unidos (Suquet *et al.*, 2009; FAO, 2010b). En algunos de ellos se produce ya en pequeñas cantidades o a escala piloto.

Teniendo en cuenta su gran mercado potencial y el interés mostrado por todos estos países, es previsible que el cultivo de pargo pueda experimentar un impulso y desarrollo importantes en el futuro. Ello dependerá de la continuidad y avance de las investigaciones, de la posibilidad de transferir los resultados al sector a través de experiencias de I+D investigación-empresa con el adecuado apoyo de la administración.

10.4. BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÁN E., BASURCO B. (Eds.). 1999. Marine finfish species diversification: Current situation and prospects in mediterranean aquaculture. *Options Méditerr. Series B*, 24, 139 pp.
- ABREHOUCHE A., AIT A., CHEBBAKI K., AKHARBACH H., IDAOMAR M. 2010. Effect of diet (fatty acid and protein) content during spawning season on fertility, eggs and larvae quality of common porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758). *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (3): 175-184.
- ABREHOUCHE A., IDAOMAR M., AIT A., NHHALA H., TALBAOUI M.E. 2009. Broodstock feeding effects on spawning performances (fertility, eggs and larvae quality) of the Mediterranean red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758) during two years. *African Journal of Food Science*, 3 (8): 193-200.
- ADACHI K., KATO K., WAKAMATSU K. 2005. The histological analysis, colorimetric evaluation, and chemical quantification of melanin content in «suntanned» fish. *Pigment Cell Res.*, 18: 465-468.
- AFONSO P., TEMPERA F., MENEZES G. 2008. Population structure and habitat preferences of red porgy (*Pagrus pagrus*) in the Azores, central North Atlantic. *Fish. Res.*, 93 (3): 338-345.
- ALEKSEEV F.E. 1982. Hermafroditism in Sparid fishes (Perciformes: Sparidae). 1. Proterogyny in porgies, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga*, from the West Africa. *J. Ichthyol.*, 22: 85-94.
- ALMANSA E., MARTIN M.V., CEJAS J.R., BADIA P., JEREZ S., LORENZO A. 2001. Lipid and fatty acid composition of female gilthead seabream during their reproductive cycle: effects of a diet lacking n-3 HUFA. *J. Fish Biol.*, 59 (2): 267-286.



- ARISTIZABAL E.O. 2003. Bioenergética del besugo *Pagrus pagrus*. Tesis. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 146 pp.
- ARISTIZABAL E.O. 2005. Morphological development of the mouth and improvement in feeding ability in the early larval stages of red porgy, *Pagrus pagrus* (L.). *Rev. Invest. Desarr. Pesq.*, 17: 43-53.
- ARISTIZABAL E.O. 2006. Consumo de oxígeno, crecimiento y utilización del alimento durante el desarrollo larval del besugo *Pagrus pagrus* (Linné, 1758) (Pisces: Sparidae). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 4 (2): 209-220.
- ARISTIZABAL E.O. 2007. Energy investment in the annual reproduction cycle of female red porgy, *Pagrus pagrus* (L.). *Mar. Biol.*, 152 (3): 713-724.
- ARISTIZABAL E.O., SUAREZ J., VEGA A., BARGAS R. 2009. Egg and larval quality assessment in the Argentinean red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 287 (3-4): 329-334.
- BALL A.O., BEAL M.G., CHAPMAN R.W., SEDBERRY G.R. 2007. Population structure of red porgy, *Pagrus pagrus*, in the Atlantic Ocean. *Mar. Biol.*, 150 (6): 1321-1332.
- BALL, A.O., SEDBERRY G.R., WESSEL J.H., CHAPMAN R.W. 2003. Large-scale genetic differentiation of *Pagrus pagrus* in the Atlantic. *J. Fish Biol.*, 62 (5): 1232-1237.
- BODINGTON P.H. 2000. Enterprise experiences in the culture of new sparids. En: Recent advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Diversification. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 135-139.
- BÜKE E., AKPINAR Z., AYEKIN B., DERELI H. 2005. Spawning performance and larval rearing of red porgy (*Pagrus pagrus* L., 1758) under culture conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22 (3-4): 303-309.
- CÁRDENAS S., CALVO A. 2003. Reproducción en el mar y en cautividad del pargo común o bocinegro, *Pagrus pagrus* (Pisces: Sparidae). *II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*: 468-480.
- CASTRIOTA L., FINOIA M.G., CAMPAGNUOLO S., PIPITONE C., ANDALORO F. 2006. Diet of juvenile *Pagrus pagrus* (Sparidae) from sandy bottoms of the southern Tyrrhenian Sea. *Cybium*, 30 (4): 291-295.
- CEJAS J.R., ALMANSA E., TEJERA N., JEREZ S., BOLANOS A., LORENZO A. 2003. Effect of dietary supplementation with shrimp on skin pigmentation and lipid composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) alevins. *Aquaculture*, 218 (1-4): 457-469.
- CEJAS J.R., FORÉS R., SAMPER M., VILLAMANDOS J.E., JEREZ S. 1999a. Resultados preliminares de engorde del bocinegro (*P. pagrus*). *Actas VII Congr. Nac. Acuicult.*, pp: 83.
- CEJAS J.R., VILLAMANDOS J.E., JEREZ S., SANTAMARÍA F.J., FORÉS R., FDEZ-PALACIOS H. 1997b. Reproducción de bocinegro (*Pagrus pagrus*) en cautividad en las Islas Canarias. *Actas VI Congr. Nac. Acuicult.*, 1997: 377-382.
- CEJAS J.R., VILLAMANDOS J.E., SAMPER M. 1992. Estudio sobre la reproducción de la dorada (*Sparus aurata*) en Canarias. Influencia del peso/edad de las hembras sobre la calidad de puesta. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 126, 38pp.



- CHATZIFOTIS S., PAVLIDIS M., JIMENO C.D., VARDANIS G., STERIOTI A., DIVANACH P. 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquacult. Res.*, 36 (15): 1517-1525.
- CHATZIFOTIS S., VAZ JUAN I., KYRIAZI P., DIVANACH P., PAVLIDIS M. 2011. Dietary carotenoids and skin melanin content influence the coloration of farmed red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquacult. Nutr.*, 17 (2): e90-e100.
- CIECHOMSKY J.D., CASIA M.C. 1974. Reproducción y fecundidad del besugo *Pagrus pagrus* (Linné) en el Mar Argentino (Pisces, Sparidae). *Physis A*, 33 (87): 443-452.
- COBAN D., SUZER C., KAMACI H.O., SAKA S., FIRAT K. 2009. Early osteological development of the fins in the hatchery-reared red porgy, *Pagrus pagrus* (L. 1758). *J. Appl. Ichthyol.*, 25 (1): 26-32.
- CONIDES A.J., GLAMUZINA B. 2001. Study on the early larval development and growth of the red porgy, *Pagrus pagrus* with emphasis on the mass mortalities observed during this phase. *Sci. Mar.*, 65 (3): 193-200.
- CONIDES A.J., NENGAS I., KLAUDATOS S.D. 2000. Current advances in new marine finfish species aquaculture of the National Centre of Marine Research (Greece). En: Recent advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Diversification. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 365-369.
- COTRINA C.P., CHRISTIANSEN H.E. 1994. El comportamiento reproductivo del besugo (*Pagrus pagrus*) en el ecosistema costero bonaerense. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 9: 25-58.
- COTRINA C.P., RAIMONDO M.C. 1997. Estudio de edad y crecimiento del besugo (*Pagrus pagrus*) del sector costero bonaerense. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 11: 95-118.
- DARIAS M.J., MURRAY H.M., GALLANT J.W., ASTOLA A., DOUGLAS S.E., YUFERA M., MARTINEZ-RODRIGUEZ, G. 2006. Characterization of a partial alpha-amylase clone from red porgy (*Pagrus pagrus*): Expression during larval development. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 143 (2): 209-218.
- DARIAS M.J., MURRAY H.M., GALLANT J.W., DOUGLAS S.E., YUFERA M., MARTINEZ-RODRIGUEZ G. 2007. Ontogeny of pepsinogen and gastric proton pump expression in red porgy (*Pagrus pagrus*): Determination of stomach functionality. *Aquaculture*, 270 (1-4): 369-378.
- DARIAS M.J., MURRAY H.M., MARTINEZ-RODRIGUEZ G., CARDENAS S., YUFERA M. 2005. Gene expression of pepsinogen during the larval development of red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 248 (1-4): 245-252.
- DAVIS M.L., BERKSON J. 2006. Effects of a simulated fishing moratorium on the stock assessment of red porgy (*Pagrus pagrus*). *Fish. Bull.*, 104 (4): 585-592.
- DIVANACH P., KENTOURI M. 2000. Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. En: Recent advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Diversification. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 75-87.
- DIVANACH P., KENTOURI M., CHARALAMBAKIS G., POUGET F., STERIOTI A. 1993. Comparison of growth performance of six Mediterranean fish species reared under



- intensive farming conditions in Crete (Greece), in raceways with the use of self feeders. Bordeaux Aquaculture 92 «Production Environment and Quality». *European Aquaculture Society Special Publication*, 18: 285-297.
- FANOURAKI E., LAITINEN J.T., DIVANACH P., PAVLIDIS M. 2007. Endocrine regulation of skin blanching in red porgy, *Pagrus pagrus*. *Annales Zoologici Fennici*, 44: 241-248.
- FAO, 2010a. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. En: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en>.
- FAO, 2010b. Fishery Fact Sheets Collections. National Aquaculture Sector Overview (NASO). En: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. <http://www.fao.org/fishery/collection/naso/en>.
- FISCHER W., BIANCHI G., SCOTT W.B. (Eds.), 1981. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est, zones de pêche 34,47 (en partie). Canada Fonds de Dépot. Ottawa, Ministère des Pêcheries et Océans Canada, en accord avec l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Vol. 4, 316 pp.
- GARCÍA J.R., KALINOWSKI C.T.H., IZQUIERDO M.S., ROBAINA L.E. 2010. Marine and freshwater crab meals in diets for red porgy (*Pagrus pagrus*): effect on growth, fish composition and skin colour. *Aquacult. Res.*, 41 (12): 1759-1769.
- HARRIS P.J., McGOVERN J.C. 1997. Changes in the life history of red porgy, *Pagrus pagrus*, from the southeastern United States, 1972-1994. *Fish. Bull.*, 95 (4): 732-747.
- HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., SALHI M., BESSONART M., IZQUIERDO M.S., GONZÁLEZ M.M., FERNÁNDEZ-PALACIOS H. 1999. Rearing techniques for red porgy (*Pagrus pagrus*) during larval development. *Aquaculture*, 179 (1-4): 489-497.
- HOOD P.B., JOHNSON A.K. 2000. Age, growth, mortality, and reproduction of red porgy, *Pagrus pagrus*, from the eastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, 98 (4): 723-735.
- IZQUIERDO M.S., SOCORRO J., ROO J. 2010. Studies on the appearance of skeletal anomalies in red porgy: effect of culture intensiveness, feeding habits and nutritional quality of live preys. *J. Appl. Ichthyol.*, 26 (2): 320-326.
- JEREZ S. 2006. Valoración de la calidad de puesta de la dorada (*Sparus aurata*) en función de la edad de los reproductores. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna. 156 pp.
- KALINOWSKI C.T., IZQUIERDO M.S., SCHUCHARDT D., ROBAINA L.E. 2007. Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. *Aquaculture*, 272 (1-4): 451-457.
- KALINOWSKI C.T., ROBAINA L.E., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., SCHUCHARDT D., IZQUIERDO M.S. 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture*, 244 (1-4): 223-231.



- KATHARIOS P., PAPANDROULAKIS N., DIVANACH P. 2006. Treatment of *Microcotyle* sp (Monogenea) on the gills of cage-cultured red porgy, *Pagrus pagrus* following baths with formalin and mebendazole. *Aquaculture*, 251 (2-4): 167-171.
- KENTOURI M., O'NEILL D., DIVANACH P., CHARALAMBAKIS G. 1994. A study on the quantitative water requirements of red porgies, *Pagrus pagrus* L. (Pisces: Sparidae), during early on-growing under self-feeding conditions. *Aquacult. Res.*, 25 (7): 741-752.
- KENTOURI M., PAVLIDIS M., PAPANDROULAKIS N., DIVANACH P. 1995. Cultured of the red porgy, *Pagrus pagrus*, in Crete. Present knowledge, problems and perspectives. En: Marine Aquaculture Finfish Species Diversification. *Cah. Options Méditerr.*, 16: 65-78.
- KOKOKIRIS L., BRUSLE S., KENTOURI M., FOSTIER A. 1999. Sexual maturity and hermaphroditism of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei : Sparidae). *Mar. Biol.*, 134 (4): 621-629.
- KOKOKIRIS L., FOSTIER A., ATHANASSOPOULOU F., PETRIDIS D., KENTOURI M. 2006. Gonadal changes and blood sex steroids levels during natural sex inversion in the protogynous Mediterranean red porgy, *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 149 (1): 42-48.
- KOKOKIRIS L., LE MENN F., KENTOURI M., KAGARA M., FOSTIER A. 2001. Seasonal cycle of gonadal development and serum levels of vitellogenin of the red porgy, *Pagrus pagrus* (Teleostei : Sparidae). *Mar. Biol.*, 139 (3): 549-559.
- KOLIOS P., KIRITSI S., KATRIBUSAS N. 1997. Larval-rearing and growout of the red porgy (*Pagrus pagrus*) in the Riopesca hatchery (Greece). *Hydrobiologia*, 358: 321-325.
- KORUN J., GOKOGLU M. 2007. *Listonella anguillarum* isolated from hatchery-cultured red porgy *Pagrus pagrus* in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6 (6): 823-827.
- LABROPOULOU M., MACHIAS A., TSIMENIDES N. 1999. Habitat selection and diet of juvenile red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758). *Fish. Bull.*, 97 (3): 495-507.
- LOUKAS V., DIMIZAS C., SINANOGLU V.J., MINIADIS-MEIMAROGLOU S. 2010. EPA, DHA, cholesterol and phospholipid content in *Pagrus pagrus* (cultured and wild), *Trachinus draco* and *Trigla lyra* from Mediterranean Sea. *Chemistry and Physics of Lipids*, 163 (3): 292-299.
- MACHINANDIARENA L., MÜLLER M., LÓPEZ A. 2003. Early life stages of development of the red porgy *Pagrus pagrus* (Pisces, Sparidae) in captivity, Argentina. *Invest. Mar.*, 31 (1): 5-13.
- MARAGOUDAKI D., PASPATIS M., KENTOURI M. 1999. Influence of stocking density on growth of juvenile red porgy *Pagrus pagrus* L. under different feeding conditions. *Aquacult. Res.*, 30 (7): 501-508.
- MARAGOUDAKI D., PASPATIS M., KENTOURI M. 2001. Growth and feeding responses of juvenile red porgy to restrictive self-feeding regimes. *Aquacult. Int.*, 9 (2): 153-170.



- MANOOCH C.S. 1976. Reproductive-Cycle, fecundity, and sex-ratios of red porgy, *Pagrus pagrus* (Pisces-Sparidae) In North-Carolina. *Fish. Bull.*, 74 (4): 775-781.
- MANOOCH C.S. 1977. Foods of the red porgy, *Pagrus pagrus* Linnaeus (Pisces, Sparidae), from North Carolina. *Bull. Mar. Sci.*, 27: 776-787.
- MIHELAKAKIS A., YOSHIMATSU T., TSOLKAS C. 2001a. Spawning in captivity and early life history of cultured red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*, 199 (3-4): 333-352.
- MIHELAKAKIS A., YOSHIMATSU T., TSOLKAS C. 2001b. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of red porgy fingerlings: preliminary results. *Aquacult. Int.*, 9 (3): 237-245.
- MINOS G., KOKOKIRIS L., KENTOURI M. 2008. Allometry of external morphology and sexual dimorphism in the red porgy (*Pagrus pagrus*). *Belgian Journal of Zoology*, 138 (1): 90-94.
- MORRIS J.A., REZEK T.C., McNEILL N.A., WATANABE W.O. 2008. Aquaculture of the Atlantic red porgy. *North American Journal of Aquaculture*, 70 (2): 184-191.
- MYLONAS C.C., PAPADAKI M., DIVANACH P. 2003. Seasonal changes in sperm production and quality in the red porgy *Pagrus pagrus* (L.). *Aquacult. Res.*, 34 (13): 1161-1170.
- MYLONAS C.C., PAPADAKI M., PAVLIDIS M., DIVANACH P. 2004. Evaluation of egg production and quality in the Mediterranean red porgy (*Pagrus pagrus*) during two consecutive spawning seasons. *Aquaculture*, 232 (1-4): 637-649.
- PAJUELO J.G., LORENZO J.M. 1996. Life history of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae) off the Canary Islands, central east Atlantic. *Fish. Res.*, 28 (2): 163-177.
- PAPACONSTANTINO C., CARAGITSOU E. 1989. Feeding interaction between 2 sympatric species *Pagrus pagrus* and *Phycis phycis* around Kastellorizo Island (Dodecanese, Greece). *Fish. Res.*, 7 (4): 329-342.
- PAPANDROULAKIS N., KENTOURI M., DIVANACH P. 2004. Biological performance of red porgy (*Pagrus pagrus*) larvae under intensive rearing conditions with the use of an automated feeding system. *Aquacult. Int.*, 12 (2): 191-203.
- PAVLIDIS M., ANGELLOTTI L., PAPANDROULAKIS N., DIVANACH P. 2003. Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (*Pagrus pagrus*) fry. *Aquaculture*, 218 (1-4): 187-202.
- PAVLIDIS M., KARKANA M., FANOURAKI E., PAPANDROULAKIS N. 2008. Environmental control of skin colour in the red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquacult. Res.*, 39 (8): 837-849.
- PAVLIDIS M., PAPANDROULAKIS N., DIVANACH P. 2006. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: Preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae, *Aquaculture*, 258, 1-4, 211-219.
- POTTS J.C., MANOOCH, C.S. 2002. Estimated ages of red porgy (*Pagrus pagrus*) from fishery-dependent and fishery-independent data and a comparison of growth parameters. *Fish. Bull.*, 100 (1): 81-89.



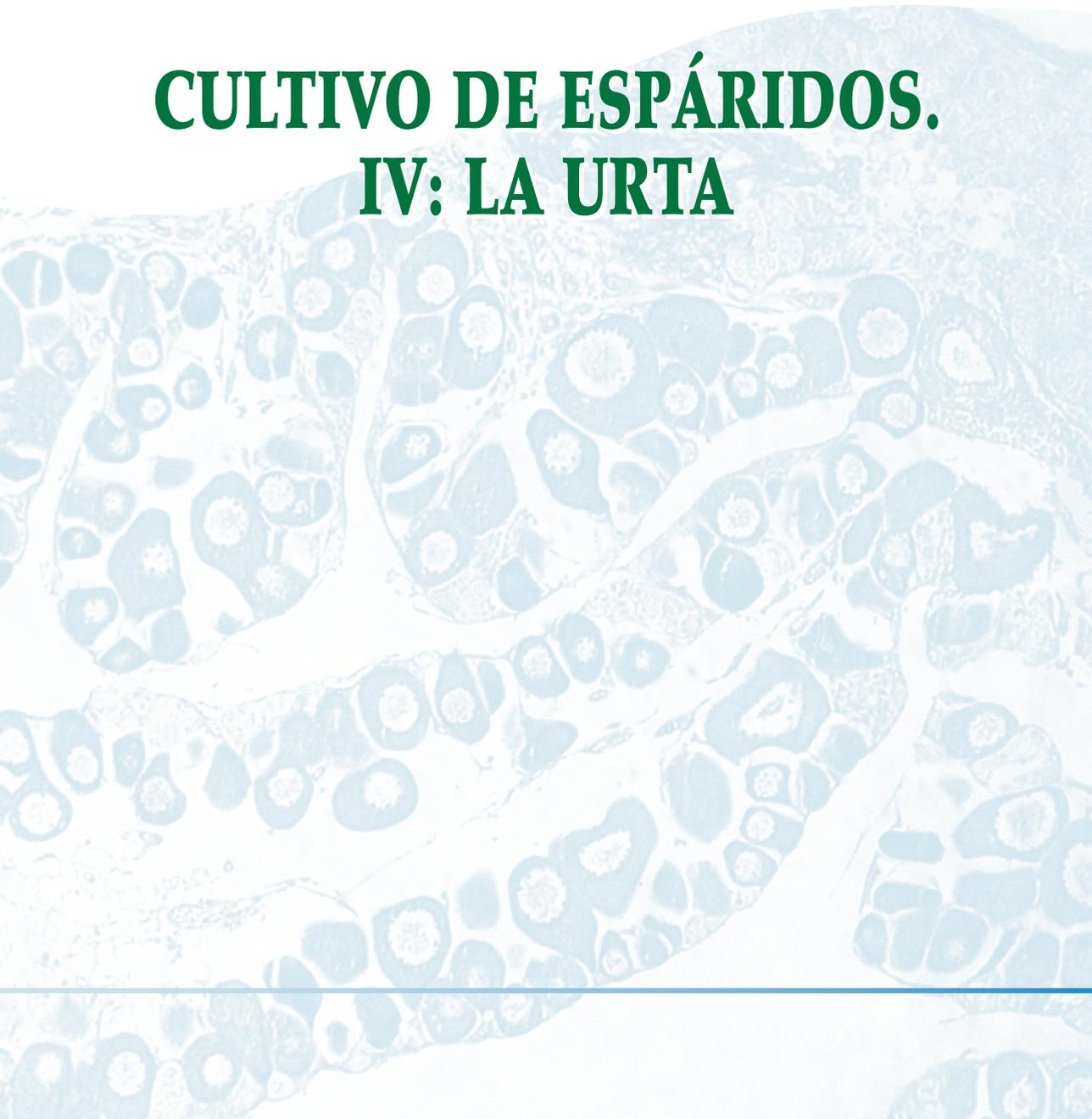
- RADONIC M., LÓPEZ A.V., OKA M., ARISTIZÁBAL E.O. 2005. Effect of the incubation temperature on the embryonic development and hatching time of eggs of the red porgy *Pagrus pagrus* (Linne, 1758) (Pisces: Sparidae). *Rev. biol. mar. oceanogr.*, 40 (2): 91-99.
- ROO F.J., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., SOCORRO J.A., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., IZQUIERDO M.S. 2010a. Advances in rearing techniques of *Pagrus pagrus*, (Linnaeus, 1758): comparison between intensive and semi-intensive larval rearing systems. *Aquacult. Res.*, 41 (3): 433-449.
- ROO F.J., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., SOCORRO J.A., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., MONTERO D., IZQUIERDO M.S. 2009. Effect of DHA content in rotifers on the occurrence of skeletal deformities in red porgy *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 287 (1-2): 84-93.
- ROO J., SOCORRO J., IZQUIERDO M.S. 2010b. Effect of rearing techniques on skeletal deformities and osteological development in red porgy *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) larvae. *J. Appl. Ichthyol.*, 26 (2): 372-376.
- ROO F.J., SOCORRO J., IZQUIERDO M.S., CABALLERO M.J., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., FERNÁNDEZ A., FERNÁNDEZ-PALACIOS H. 1999. Development of red porgy *Pagrus pagrus* visual system in relation with changes in the digestive tract and larval feeding habits. *Aquaculture*, 179 (1-4): 499-512.
- ROTLANT J., TORT L., MONTERO D., PAVLIDIS M., MARTINEZ M., BONGA S.E.W., BALM, P.H.M. 2003. Background colour influence on the stress response in cultured red porgy *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*, 223 (1-4): 129-139.
- RUEDA F.M., MARTINEZ F.J., ZAMORA S., KENTOURI M., DIVANACH P. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquacult. Res.*, 29 (6): 447-452.
- RUEDA F.M., LÓPEZ J.A., MARTINEZ F.J., ZAMORA S., DIVANACH P., KENTOURI M. 1997. Fatty acids in muscle of wild and farmed red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquacult. Nutr.*, 3 (3): 161-165.
- SAKA S., FIRAT K., KAMACI H.O., BUKE E. 2005. The effect of temperature on embryonic development of the red porgy (*Pagrus pagrus*) eggs. *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22 (1-2): 95-99.
- SCHUCHARDT D., VERGARA J.M., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., KALINOWSKI C.T., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., IZQUIERDO M.S., ROBAINA L. 2008. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquacult. Nutr.*, 14 (1): 1-9.
- SEDAR (SouthEast Data, Assessment, and Review). 2006. Stock assessment of red porgy off the southeastern United States. SEDAR Update Assessment. Report of Assessment Workshop, Beaufort, North Carolina.
- STEPHANOU D., GEORGIU G., SHOUKRI E. 1995. Reproduction and larval rearing of the common sea bream (*Pagrus pagrus*), an experimental culture. En: Marine Aquaculture Finfish Species Diversification. *Cah. Options Méditerran.*, 16: 79-87.

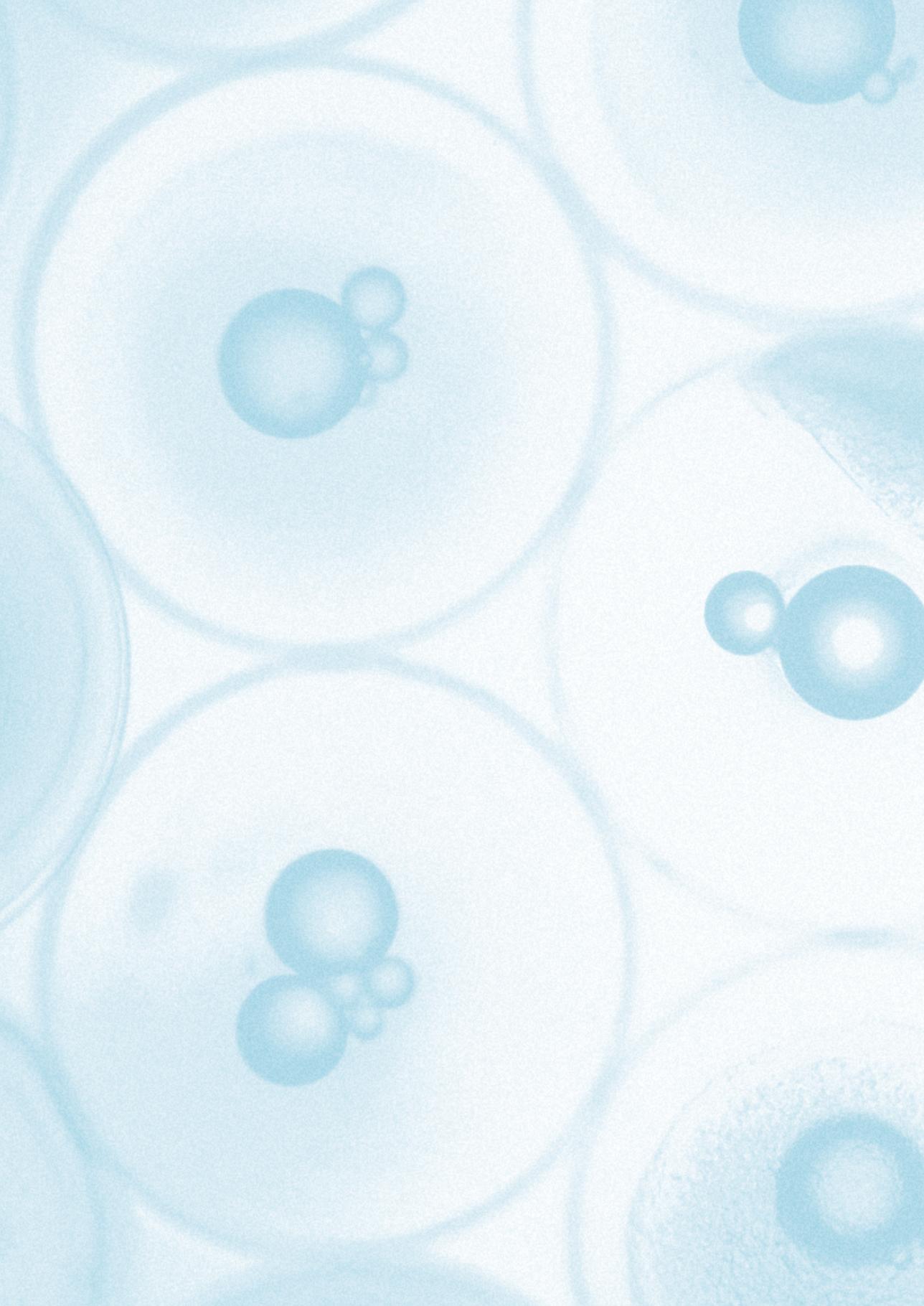


- SUÁREZ J. 2004. Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento de juveniles de besugo *Pagrus pagrus* (Linne, 1758) (Actinopterygii; Perciformes) en sistemas de recirculación cerrada. Tesis. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 120 pp.
- SUQUET M., DIVANACH P., HUSSENOT J., COVES D., FAUVEL C. 2009. Pisciculture marine de «nouvelles espèces» d'élevage pour l'Europe. *Cah. Agric.*, 18 (2-3): 148-156.
- SUZER C., KAMACI H.O., COBAN D., SAKA S., FIRAT K., OZKARA B., OZKARA A. 2007. Digestive enzyme activity of the red porgy (*Pagrus pagrus*, L.) during larval development under culture conditions. *Aquacult. Res.*, 38 (16): 1778-1785.
- SZISCH V., VAN DER SALM A.L., BONGA S.E.W., PAVLIDIS M. 2002. Physiological colour changes in the red porgy, *Pagrus pagrus*, following adaptation to blue lighting spectrum. *Fish Physiol. Biochem.*, 27 (1-2): 1-8.
- TEJERA N., CEJAS J.R., RODRIGUEZ C., BJERKENG B., JEREZ S., BOLANOS A., LORENZO A. 2007. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. *Aquaculture*, 270 (1-4): 218-230.
- TEJERA N., CEJAS J.R., RODRÍGUEZ C., JEREZ S., PÉREZ J.A., FELIPE B.C., LORENZO A. 2010. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) skin reared under open-cage conditions. *Aquacult. Res.*, 41 (7): 1043-1053.
- VAN DER SALM A.L., MARTINEZ M., FLIK G., BONGA S.E.W. 2004. Effects of husbandry conditions on the skin colour and stress response of red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*, 241 (1-4): 371-386.
- VAN DER SALM A.L., PAVLIDIS M., FLIK G., BONGA S.E.W. 2006. The acute stress response of red porgy, *Pagrus pagrus*, kept on a red or white background. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 145 (3): 247-253.
- VASILOPOULOU C., PAPACONSTANTINO C. 1992. Age, growth and mortality of the red porgy *Pagrus pagrus*, in the Eastern Mediterranean sea (Dodecanese, Greece). *Vie Milieu*, 42: 51-55.
- VAUGHAN D.S., PRAGER M.H. 2002. Severe decline in abundance of the red porgy (*Pagrus pagrus*) population off the southeastern United States. *Fish. Bull.*, 100 (2): 351-375.

11

CULTIVO DE ESPÁRIDOS. IV: LA URTA





CULTIVO DE ESPÁRIDOS.

IV: LA URTA

Salvador Cárdenas Rojas

Departamento de Producción
Centro IFAPA El Toruño

Resumen

La urta, *Pagrus auriga* (Valenciennes, 1843), es un espárido marino muy apreciado comercialmente en los países mediterráneos. Se caracteriza por su coloración rosada típica con 4-5 bandas transversales de distinta anchura, siendo la mayor la situada en posición central. Estas bandas son más patentes en los juveniles, mientras que en los adultos este patrón queda más difuminado, especialmente en los machos, donde puede ser prácticamente imperceptible.

Es una especie hermafrodita proterogina, y se ha establecido que la inversión sexual ocurre en individuos entre 55 y 65 cm (3-5 kg), siendo la fecundidad relativa individual de $113\ 685 \pm 38\ 535$ huevos/kg. Su alimentación consiste fundamentalmente en crustáceos y moluscos, y secundariamente de equinodermos, lo que implica que esta especie normalmente se alimenta de especies bentónicas. Las puestas espontáneas en cautividad se desarrollan entre los meses de septiembre y mayo con picos de puesta cuando la temperatura del agua se encuentra entre 19 y 22 °C, siendo escasas las puestas cuando desciende por debajo de los 15 °C. La media de la puesta diaria suele ser de $105\ 674 \pm 124\ 566$ huevos y la flotabilidad de $61 \pm 18\%$. Las mayores puestas se obtienen durante octubre. Los diámetros del huevo y la gota lipídica están en $964,1 \pm 18,5$ y $208,0 \pm 10,4$ micras, respectivamente. La temperatura



más adecuada para la incubación de huevos y larvas de urta se encuentra entre 15 y 18 °C. A esta temperatura la tasa de supervivencia a partir del segundo día de incubación fue siempre mayor que a las otras temperaturas experimentadas. De los estudios larvarios realizados deducimos que a los 3 DDE (20 °C) se produce la apertura de la boca, y a los 5 DDE ya se han reabsorbido por completo el saco vitelino y la gota lipídica.

Se ha comprobado que una intensidad en la iluminación de 800 lux da mejores tasas de crecimiento (SGR = 18%/día) que a 400 lux. En otros experimentos se sometieron las larvas a dos temperaturas distintas (17 y 22 °C), y a un desfase en el primer suministro de *Artemia* (15 DDE y 20 DDE), que dio como resultado una influencia positiva de la temperatura sobre el crecimiento de las larvas (SGR = 16%/día a 17 °C y SGR = 23%/día a 22 °C), y afectaba negativamente a la supervivencia de las mismas (5% a 17 °C y 2% a 22 °C).

La SGR durante la fase de preengorde entre 3 y 50 gramos ha variado entre 1,5 y 2,5%/día, con DGR entre 0,2 y 0,4 g/día y supervivencias entre 85 y 98%. La urta alcanza un tamaño comercial de 500 gramos a los 2 años. La SGR en esta fase de engorde hasta 500 gramos ha variado entre 0,9 y 1,6%/día, con DGR entre 0,6 y 0,8 g/día y supervivencias entre 88 y 98%. Durante el engorde de los reproductores hasta los 4 kg la SGR ha variado entre 0,01 y 0,14%/día.

Se ha detectado la presencia, en aislados de órganos internos de urtas cultivadas, de *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, que se manifiesta externamente mediante una severa exoftalmia, y otros síntomas que incluían la presencia de líquido ascítico en la cavidad abdominal, hepatomegalia y palidez de los órganos internos, con el bazo turgente. El estudio de las actividades enzimáticas de los productos extracelulares y del patrón de resistencia a antibióticos sugiere que se trata de un patógeno altamente virulento. De un total de 1 235 alevines analizados se han obtenido un 7,4% de urtas enfermas, con exoftalmia y deformaciones en la columna vertebral (lordosis, escoliosis, cifosis y fusiones vertebrales), mandíbulas (torsiones y prolongaciones) y opérculos (plegamiento y formación incompleta).

Gracias a la existencia de solapamiento en la época de puesta de la urta (*Pagrus auriga*) y del bocinegro (*Pagrus pagrus*) se han podido ob-



tener híbridos a partir de una población conjunta de 27 reproductores de bocinegro y 121 reproductores de urta. Solo se detectaron cruces entre *Pagrus pagrus* (hembra) + *Pagrus auriga* (macho), dando como resultado el híbrido PAGURTA, habiéndose obtenido entre 5 y 6% de alevines de PAGURTAS sobre el total de alevines de *Pagrus* spp. (bocinegro + urta + híbridos).

Palabras clave: urta, *Pagrus auriga*, biología, reproducción, alimentación, puesta, larvicultura, preengorde, engorde, genética, enfermedades, análisis sensorial.

Abstract

The redbanded seabream, Pagrus auriga (Valenciennes, 1843), is a commercially important sparid species in the Mediterranean countries. This species characterizes by a typical silvery pink colour with 4 or 5 dark red transverse bands alternatively wide and narrow. These bands are clearly evident in juveniles whereas in adults they turn into faint especially in the males where they can become even imperceptible. This species is a protogynous hermaphrodite and the sexual inversion occurs when the size is around 55 and 65 cm (3-5 kg). The gonad maturation begins in april and ends in august, just when the egg batches are detected. The estimated mean relative fecundity is $113\ 685 \pm 38\ 535$ eggs/kg. The food is mainly benthonic species such as crustacean and molluscs and secondary equinoderms. In captivity, the spawning season occurs from september to may. The highest amounts of eggs were detected routinely when the temperature ranged between 19-22 °C. Little or no egg batches were observed at temperatures lower than 15 °C. October was identified as the month when the highest egg production occurred.

The mean average number of eggs per spawning was determined to be $105\ 674 \pm 124\ 566$ with a mean buoyancy percentage of $61 \pm 18\%$. The mean egg diameter was 964.1 ± 18.5 micron containing only one lipid droplet of 208.0 ± 10.4 micron. Experimental evidences have shown that the optimal egg incubation temperature ranges between 15 and 18 °C. At this temperature range, the larval survival rate and total



length at 5 days after hatching (DAH) was higher than at 18-21 and 23-25 °C.

To elucidate the role of light intensity and diets on the growth rate, larvae were reared using 800 or 400 lux and were fed live prey or inert diet. Results indicated that those larvae reared at 800 lux and fed live preys exhibited higher growth rates (SGR = 18%/day). The temperature also plays a key role on larval growth rate. Larvae at 17 °C exhibited a growth rate of 15.8%/day whereas at 22 °C the values raised to 22.5%/day. However, these higher growth rates were associated to a lower larval survival (5% at 17 °C and only 2% at 22 °C). In addition no influence on growth neither survival was identified when larvae were fed *Artemia* at 15 DAH or later at 20 DAH.

SGR ranged between 1.5 and 2.5%/day in nursery tanks with survival rates of 85-98%. The growth rates were quite similar to those described for the gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ongrowing. The best SGR values ranged between 0.9 and 1.6%/day during ongrowing until 500 g with survival rates of 88-98%. During the ongrowing of breeders the SGR varied between 0.01 y 0.14%/day until 4 kg.

As consequence of the intensive production, some disease outbreaks have been recorded in redbanded seabream. The most common symptoms were exophthalmia, haemorrhages at the base of fins and, in some cases, corneal opacity (cloudy eye), mucus-covered and pale gill, haemorrhages and necrotic foci in the liver and splenomegalia. Mortality ranged between 10-20% and most of the outbreaks. A total of 11 *Photobacterium damsela* subsp *damsela* isolates have been identified from six outbreaks. These isolates have revealed a high polymorphism at the biochemical level. All of them were sensible to flumequine although some of them showed resistance to oxytetracycline. Moreover, virological analyses have allowed the identification of nodaviruses in some asymptomatic specimens. Nevertheless, the pathological relevance of this discovery remains to be demonstrated. Also we must indicate the occurrence of approximately a 7.4% of specimens with skeletal malformations, mainly lordosis, although some other anomalies in the development of jaw and operculum have been recorded.

The intergeneric hybrid between the redbanded seabream and the closely phylogenetically related species red porgy, *Pagrus pagrus*, has



been achieved. Red porgy overlaps the spawning season (from december to april) with the redbanded seabream. We thought the spontaneous hybridization might occur if both species were put together in the same tank. To test this hypothesis we put 27 red porgy breeders together with 121 redbanded seabream broodstock. During february, march and april all the larvae were pooled and cultured. After weaning, we could clearly identify the redbanded seabream and the red porgy fries. Moreover, in the batch from march, some other animals sharing phenotypic characteristics with both species were detected. The percentage of hybrids was around 5-6%. Molecular analysis based on mitochondrial DNA, satellite and NTS spacer sequences confirmed that those animals corresponded to hybrids between *P. pagrus* (female) and *P. auriga* (male). The reciprocal cross was not identified. At this moment, we do not know if these larvae are viable or not. In this respect, new experiments using artificial cross-fertilization are ongoing. The achievement of both hybrids separately will allow us to evaluate the differences in larval survival as well as the growth rate in both hybrids and with respect to their parents.

The culture of this species can be easily performed in those facilities that routinely carry out the culture of other sparids such as the gilthead seabream or even seabass. The development of the culture of this new species could also be favoured by its price in the market (20-30 euros/kg), much higher than the gilthead seabream (only 5-6 euros/kg). Some companies have shown interest in the culture of this species at the commercial scale in Spain (Andalucía and Canarias), Turkey and Israel. In some cases, redbanded seabream specimens between 0.3-0.8 kg are now commercialized. However, the development of an aquaculture industry for this species requires more information about the control and synchronization of reproduction using photoperiod and thermoperiod, the improvement of the survival rates during the larval development, the development of species-specific diets, a better knowledge of the diseases that affect this species and the genetic variability of the stocks in captivity.

Keywords: redbanded seabream, *Pagrus auriga*, biology, reproduction, feeding, spawning, larviculture, nursery, ongrowing, diseases, genetics, sensory analysis.

NOMBRES DE LA ESPECIE

- **Nombre binomial científico de la especie:**

Pagrus auriga Valenciennes, 1843

(Animalia, Chordata, Pisces, Actinopterygii, Perciformes, Sparidae)

- **Sinónimos científicos** (<http://www.fishbase.org>):

Sinónimo	Autor	Estado	Sinonimia	Combinación
<i>Argyrops auriga</i>	(Valenciennes, 1843)	Sinónimo	Senior	Nueva
<i>Pagrus auriga</i>	Valenciennes, 1843	Aceptado	Senior	Original
<i>Semapagrus auriga</i>	(Valenciennes, 1843)	Sinónimo	Senior	Nueva
<i>Sparus auriga</i>	(Valenciennes, 1843)	Sinónimo	Senior	Nueva
<i>Sparus caeroleostictus</i>	(non Valenciennes, 1830)	Mal aplicado	Mal aplicado	Mal aplicado

- **Nombres comunes:**

- Castellano: *Hurta* o *Pargo sémola* (España), *Urta* (Andalucía), *Sama roquera*, *Catalineta* (Canarias). En el litoral andaluz se conoce a esta especie con el nombre de urta, excepto en Málaga donde recibe el nombre de sama. Suele confundirse con otras especies como el dentón, la sama o el pargo (bocinegro).

- Catalán: *Pagre ratllat*

- Alemán: *Rotbandbrasse*

- Francés: *Pagre rayé*

- Griego: *Zonofagri*

- Inglés: *Redbanded seabream*

- Italiano: *Pagro reale*

- Maltés: *Pagru hamrani*

- Portugués: *Pargo sémola*

GLOSARIO Y DEFINICIÓN DE SIGLAS

- **DDE:** *Días Después de la Eclósión.*

- **DGR:** *Crecimiento Diario*, definido de la siguiente manera:

DGR = (Peso final – Peso inicial) / Días de crianza.



- **FCR:** *Factor de Conversión del Alimento*, definido de la siguiente manera:

$$\text{FCR} = [\text{Alimento suministrado (g)} / \text{Incremento de Biomasa (g)}].$$
- **TGC:** *Tasa Térmica de Crecimiento*, definida de la siguiente manera:

$$\text{TGC} = [(\text{Peso final})^{1/3} - (\text{Peso inicial})^{1/3}] + 1.000/\text{Grados-día}.$$
- **RAS:** Sistema Cerrado de Circulación de Agua.
- **SFR:** *Tasa Diaria de Alimentación*, definida de la siguiente manera:

$$\text{SFR} = [\text{Alimento suministrado (g)} / \text{Biomasa peces (g)}] \times 100/\text{Días}.$$
- **SGR:** *Tasa Específica de Crecimiento*, definida de la siguiente manera:

$$\text{SGR} = [\text{Ln(Peso final)} - \text{Ln(Peso inicial)}] \times 100/\text{Días}.$$

11.1. INTRODUCCIÓN

Empezaremos por hablar del ictiónimo *urta*, voz con la que denominaremos a la especie íctica objeto de este capítulo. Desde que empezamos a trabajar con esta especie en el caladero de Conil de la Frontera (Provincia de Cádiz), nos propusimos denominarla con el nombre oficial establecido por el Ministerio de Agricultura y Pesca, concretamente con el ictiónimo *hurta*. La mayoría de nuestras publicaciones han utilizado esta voz. Pero después del excelente estudio filológico de García-Cornejo (2006) sobre la voz *urta*, en el cual afirma que: «no importa que se escriba con *hache* o sin ella, porque desconocemos su etimología. No obstante no creemos que haya ningún motivo para que el nombre otorgado en el sur peninsular a...tenga que ser escrito con ese grafema adventicio. La grafía *h* es sólo un producto de la inseguridad ortográfica...», hemos decidido que en adelante el ictiónimo *URTA* debería ser el nombre oficial en España.

La acuicultura europea ha experimentado una rápida expansión en las últimas décadas, pero su crecimiento puede ser atribuido al cultivo de pocas especies marinas que realmente muestran signos de saturación en el mercado (Shields, 2001). Recientes estudios científicos y técnicos han sido enfocados hacia especies nativas de alto valor, cuyos ciclos vitales pueden ser reproducidos usando técnicas acuícolas (Abellán y Basurco, 1999). Desde este punto de vista, la *urta* (*Pagrus auriga*) es una prometedora candidata para la maricultura, que perfectamente puede aprovechar el tirón que supone la buena aceptación



de la dorada entre los consumidores españoles, como comprobaron García-García *et al.* (2007, 2008) donde mencionan cifras de consumo del 10% para la dorada sobre el total de peces consumidos.

El precio de la urta de pesca extractiva en el mercado andaluz oscila entre 20 y 30 € por kilogramo, dependiendo de su tamaño y de la estación del año. En el año 1996 la descarga total de urtas en el Golfo de Cádiz fue de 138 toneladas (Silva *et al.*, 2002). En el caladero de Conil de la Frontera (Cádiz), uno de los principales puertos pesqueros donde se pescan urtas, la captura media anual durante el período 1991-2000 ha sido de 20 t (Muñoz y Cárdenas, 2005). En las costas de Conil y Rota (Provincia de Cádiz) se han realizado repoblaciones de urtas con la intención de aumentar dichas capturas (Muñoz y Cárdenas, 2007). Estas repoblaciones han permitido comprobar la alta movilidad de esta especie a lo largo de las costas portuguesa y española, datos que concuerdan con los obtenidos por Serghini *et al.* (2008), que caracteriza a esta especie con una fuerte variabilidad espacio-temporal en la costa marroquí.

Un número considerable de trabajos científicos y técnicos han sido publicados en la última década del siglo pasado y varios experimentos han sido realizados en laboratorios y a escala piloto a principios del siglo XXI, como bien han recogido Cárdenas (2006, 2007), Cárdenas y García (2006), Cárdenas y Manchado (2008) y Cárdenas *et al.* (2006). Estos trabajos y experimentos nos han proporcionado nuevos y útiles conocimientos sobre la biología de la urta en el medio natural y en cautividad. El propósito de este capítulo consiste en resumir todos estos trabajos y posteriores, además de introducir nuevos datos no publicados sobre la biología y la acuicultura de la urta (*Pagrus auriga*).

11.2. BIOLOGÍA

11.2.1. Morfología y anatomía

Esta especie tiene un cuerpo oval y bastante elevado con la cabeza masiva y alta, preopérculo con algunas escamas inconspicuas. El color del cuerpo de los juveniles y hembras adultas de urta es rosa claro con 4 ó 5 bandas de color rojo oscuro, alternando bandas anchas y estrechas que desaparecen con el crecimiento (todavía bien visibles hasta

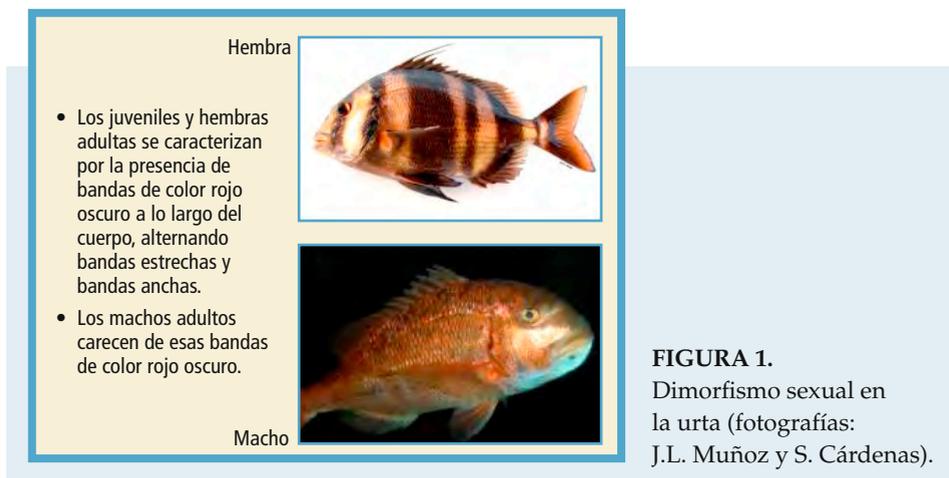


los 25 cm de longitud estándar). Las bandas desaparecen cuando se produce la inversión sexual y las hembras adultas cambian a machos (Bianchi, 1984; González-Jiménez *et al.*, 2000) que pasan a tener un color rosa vinoso más sostenido (Figura 1). Similar dimorfismo sexual también ha sido citado en el bocinegro (Minos *et al.*, 2008).

En el centro de cada maxilar tienen 4 caninos en el superior y 6 en el inferior, fuertes, de punta roma y seguidos a los lados de varias hileras de dientes más obtusos que se vuelven molariformes por detrás. La aleta dorsal tiene 11 radios duros y de 10 a 12 blandos (D XI + 10-12); las dos primeras espinas dorsales muy pequeñas, tercera a quinta muy largas y filamentosas, pero disminuyen con la edad. La aleta anal con 3 radios duros y de 8 a 9 blandos (A III + 8-9). Tienen de 50-52 escamas a lo largo de la línea lateral hasta la base de la aleta caudal. Chakroun-Marzouk y Kartas (1987) publican una descripción de la morfología del tracto digestivo, con especial énfasis en la evolución de la forma y el número de dientes.

11.2.2. Distribución biogeográfica, crecimiento y alimentación

De acuerdo con Bauchot y Hureau (1990), *Pagrus auriga* es una especie bentopelágica que vive sobre fondos rocosos. Esta especie se distribuye desde Portugal hasta Angola, incluyendo Madeira y Canarias. En las Islas Canarias es muy común entre 5-200 m de pro-



fundidad (Brito, 1991; González-Jiménez, 2000). Es una especie común en las costas de Andalucía (Pérez *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2002) y ha sido descubierta recientemente en las costas de Cataluña (Matallanas *et al.*, 1993).

En los trabajos de Cárdenas (1997, 2003) y Pajuelo *et al.* (2006a) se mencionan las relaciones talla-peso de la urta en el Golfo de Cádiz y en las Islas Canarias respectivamente (Tabla I). Los coeficientes «b» de las ecuaciones correspondientes nos muestran un crecimiento alométrico diferente para cada sexo. La edad estimada para las hembras oscila entre 1 y 18 años, y entre 8 y 24 para los machos (Pajuelo *et al.*, 2006b). La talla máxima que puede alcanzar esta especie se sitúa en los 80 cm, habiendo establecido Pajuelo *et al.* (2006a) las siguientes curvas de crecimiento de Von Bertalanffy para machos, hembras y ambos sexos en las Islas Canarias:

$$\text{Machos: } L_t = 1025 \times (1 - e^{-0,055 \times (t + 2,24)})$$

$$\text{Hembras: } L_t = 672 \times (1 - e^{-0,110 \times (t + 1,89)})$$

$$\text{Todos: } L_t = 803 \times (1 - e^{-0,081 \times (t + 2,17)})$$

El alimento básico de *P. auriga* en el Golfo de Cádiz consiste en crustáceos, presente en el 67% de los estómagos y con el 55% del peso total de las presas, en moluscos, presente en el 37% de los estómagos y con el 32% del peso total de las presas, y en equinodermos, presente en el 21% de los estómagos y con el 8% del peso total de las presas (Cárdenas, 1998a). En cambio, en las costas tunecinas el alimento básico consiste en moluscos, presente en el 73% de los estómagos y con el 20% del peso total de las presas, en crustáceos, pre-

TABLA I.

Relación talla-peso de la urta en las poblaciones atlánticas. (P 1 a LT^b). Peso (P) en gramos y Longitud Total (LT) en cm.

Zona	Sexo	N.º	LT (cm)	P (g)	a	b	Referencia
Andalucía	Machos	24	60-72	3.656-6.780	0,0375	2,813	Cárdenas, 1997
	Hembras	184	28-66	362-5.188	0,0184	2,984	
	Todos	313	28-72	362-6.780	0,0198	2,965	Cárdenas <i>et al.</i> , 2003
Canarias	Todos	615	–	–	0,086	3,014	Pajuelo <i>et al.</i> , 2006a



sente en el 63% de los estómagos y con el 42% del peso total de las presas, y en equinodermos, presente en el 46% de los estómagos y con el 30% del peso total de las presas (Chakroun-Marzouk y Kartas, 1987). Estos resultados implican que esta especie se alimenta normalmente de zoobentos en las costas atlántica y mediterránea.

11.2.3. Reproducción

11.2.3.1. Inversión sexual

La urta es una especie hermafrodita proterogina como han comprobado Alekseek (1982) en las costas africanas, Cárdenas (1997) en el Golfo de Cádiz y Pajuelo *et al.* (2006a) en la Islas Canarias. En el Golfo de Cádiz la inversión sexual (cambio de hembra funcional a macho funcional) ocurre cuando las hembras tienen entre 60 y 70 cm de longitud total (3-5 kg). El fenómeno del hermafroditismo está muy presente en el género *Pagrus* (Cárdenas y Calvo, 2003; Kokokiris *et al.*, 1999; Stephanou *et al.*, 1995) y en toda la familia de los espáridos (Buxton *et al.*, 1990).

11.2.3.2. Estructura sexual

La sex-ratio (machos/hembras) en las poblaciones naturales varía desde 1/2,6 en las costas de África Occidental (Alekseek, 1983) hasta 1/7,7 en el Golfo de Cádiz (Cárdenas, 1997) y 1/8,2 en las Islas Canarias (Pajuelo *et al.*, 2006a) (Tabla II).

La estructura sexual fue investigada por Alekseev (1983) en África Occidental, Cárdenas (1998b) en el Golfo de Cádiz y Pajuelo *et al.* (2006a) en las Islas Canarias. Existe una diferencia estadísticamente significativa en el tamaño medio de hembras y machos de esta especie en todos estos

TABLA II.
Sexualidad presente en las poblaciones atlánticas de la urta.

Zona	N.º	N.º Machos (M)	N.º Hembras (H)	Nº intersexuales/ inmaduros	Sex-ratio (M:H)	Referencia
África Occidental	56	–	–	– / –	1 : 2,6	Alekseek, 1983
Golfo de Cádiz	170	18	138	– / 50	1 : 7,7	Cárdenas, 1997
Islas Canarias	615	39	320	15 / 241	1 : 8,2	Pajuelo <i>et al.</i> , 2006a

trabajos. En África Occidental la longitud de las hembras se encuentra entre 25 y 45 cm y la de los machos entre 37 y 57 cm, mientras en el Golfo de Cádiz la longitud total de las hembras se encuentra entre 28 y 66 cm (362-5.188 g), entre 60 y 72 cm (3.656-6.780 g) en los machos (Figura 2), y en las Islas Canarias la longitud total para las hembras estaría entre 23 y 67 cm (224-4 850 g), y en los machos entre 44 y 78 cm (928-9 285 g). La talla de primera madurez sexual ha sido establecida en 39 cm para las hembras y 53 cm para los machos (Pajuelo *et al.*, 2006a), a partir de las siguientes ecuaciones de ajuste:

$$\text{Hembras (\% maduras)} = 100 / (1 + e^{-0,22 \times (L-387)})$$

$$\text{Machos (\% maduros)} = 100 / (1 + e^{-0,23 \times (L-387)})$$

donde L es la longitud total en mm.

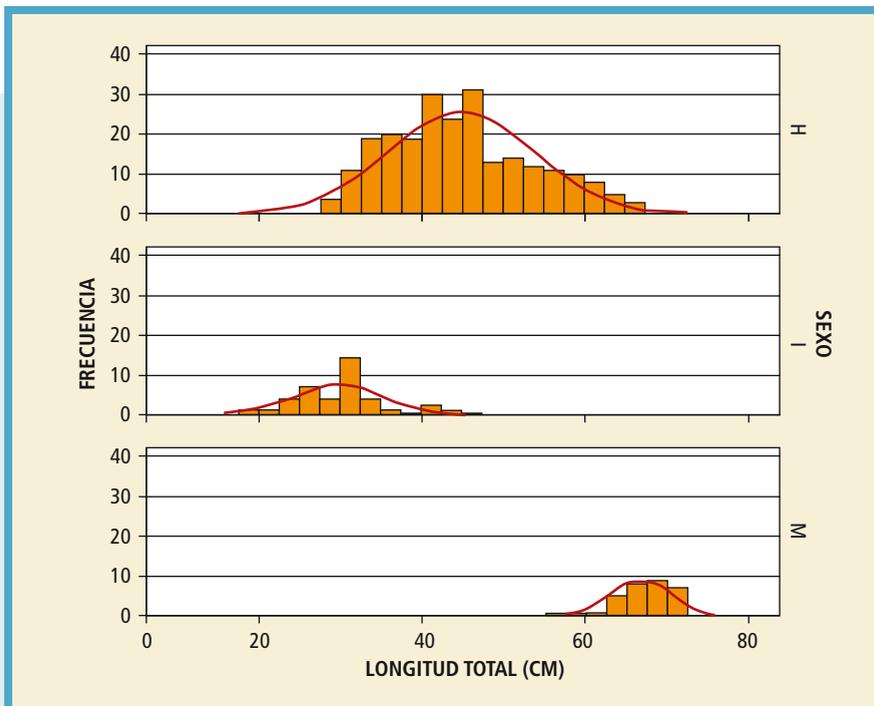


FIGURA 2.

Distribución de tallas de hembras (H), indeterminado (I) y machos (M) de urta en el Golfo de Cádiz (Cárdenas, 1998a).



11.2.3.3. Época de reproducción y fecundidad

La época de reproducción natural en el Golfo de Cádiz se prolonga desde agosto hasta noviembre (Cárdenas, 1997), estando este período de maduración gonadal asociado con el incremento de la temperatura del agua entre mayo y agosto (de 16 hasta 20 °C). La urta se suele encontrar en áreas costeras en las cuales la temperatura del agua oscila entre 18 y 24 °C durante este período del año (Muñoz y Cárdenas, 2005). Por otra parte, en las Islas Canarias la época de reproducción se extiende entre los meses de septiembre y febrero, con picos de desove entre octubre y noviembre. La fecundidad relativa de la urta, determinada por Cárdenas (1997), para hembras con longitud total entre 42-66 cm, se encontraba entre 53 947 y 236 123 huevos/kg hembra.

11.3. REPRODUCCIÓN EN CAUTIVIDAD

11.3.1. Captura y mantenimiento de reproductores

En España solo tenemos constancia de la captura de 129 reproductores de urta, estabulados en las instalaciones del Centro IFAPA *El Toruño* (Cárdenas *et al.*, 2003, 2004) y de 125 reproductores en las instalaciones del ICCM (Navarro *et al.*, 2008). El stock del IFAPA comenzó su aclimatación a la cautividad en 1998, siendo mantenidos desde entonces en condiciones de temperatura y fotoperíodo naturales. Estos reproductores se estabularon en tanques rectangulares con tabique divisorio central y con capacidades entre 250 y 500 m³, sometidos a un régimen de recirculación (RAS) (10% del agua nueva) (Figura 3).

Los reproductores de urta se suelen marcar con microchips codificados (Passive Integrated Transponder, PIT), mediante inyección intramuscular en el abdomen, para la identificación y seguimiento. Estos PIT poseen 15 dígitos y tienen la ventaja de permanecer largo tiempo en los peces. Se caracterizan por su perdurabilidad y por ser marcas únicas que no permiten que exista ninguna confusión con ningún animal de la misma u otra especie. Su único inconveniente es su precio (actualmente cada marca tiene un precio entre 5 y 7 €). Gracias a este sistema



FIGURA 3.
Protección contra saltos
en el tanque de puesta.

hemos podido realizar el control individual del crecimiento de los reproductores, donde hemos determinado una SGR entre 0,01 y 0,14%/día (Figura 4), habiendo crecido los reproductores de urtas en cinco años desde $1,4 \pm 0,9$ kg (enero 2002) hasta $3,9 \pm 0,8$ kg (enero 2007).

La alimentación de los reproductores juega un papel importante en el cultivo de peces y tiene un efecto profundo sobre el desarrollo gonadal y la fecundidad, que constituyen el punto de partida del proceso reproductivo y, por consiguiente, sobre la calidad y la supervivencia de los huevos, así como la uniformidad de las larvas. La dieta de los reproductores influye en el desarrollo embrionario, en la viabilidad del huevo y en la supervivencia de las larvas (Izquierdo *et al.*, 2001). La calidad de la dieta afecta a su vez a la composición del vitelo y de la gota de grasa, donde se acumulan las reservas nutricionales que servirán de alimento a las larvas.

Los reproductores de urta se suelen alimentar por la mañana «ad libitum» durante 5-6 días a la semana. Suele ser una alimentación variada a base de alimentos naturales, tales como peces, moluscos, crustáceos, y piensos especiales para el mantenimiento y la reproducción de los peces marinos (Cárdenas *et al.*, 2004; Cárdenas y García, 2006;). Los crustáceos son los alimentos que no deben faltar en la dieta de esta especie. Estudios realizados con *Pagrus major* observaron que la utilización de crustáceos y calamares como alimento para los reproductores mejoraba tanto la fecundidad como la calidad de los

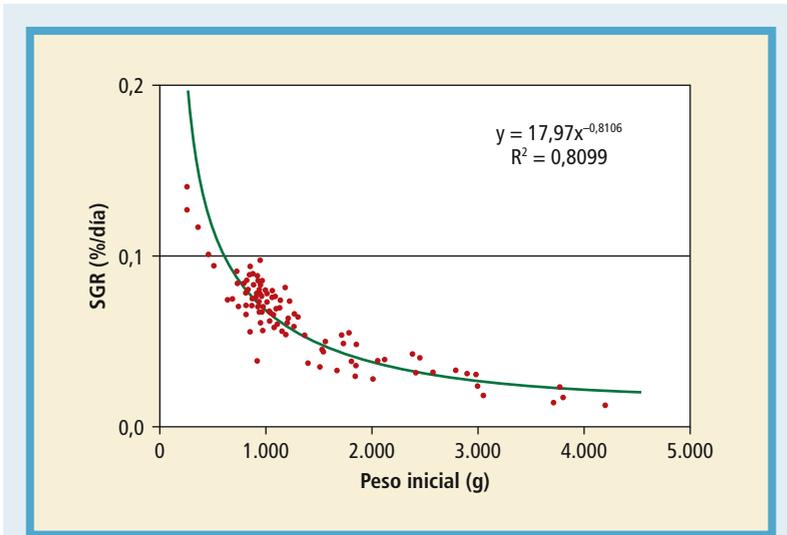


FIGURA 4.

Relación entre la Tasa específica de crecimiento (SGR) y el peso inicial en prereproductores y reproductores de urta.

huevos (Watanabe *et al.*, 1991a, 1991b). Pero no sólo el tipo de dieta influye, sino también su cantidad. Está comprobado que dietas cuantitativamente escasas, generalmente, reducen la fecundidad, pudiendo afectar también al tamaño de los huevos y retrasar la maduración, si bien, no se ha podido establecer de una manera clara la forma en que la falta de alimento afecta al desarrollo gonadal y a la fecundidad; la evidencia es que se producen deficiencias en el desarrollo de los ovocitos y procesos de inducción a la atresia.

11.3.2. Duración y época de la puesta

Los reproductores de urta nunca han sido sometidos a tratamiento hormonal o ambiental, por lo que todas las puestas obtenidas procedían de desoves espontáneos recogidos por rebosamiento a la salida de los tanques (Cárdenas *et al.*, 2005, 2006). La recolección de los huevos se realiza en tanques de aproximadamente 100 litros de capacidad, provistos de filtros cilíndricos de unos 35 cm de diámetro con una malla de 500 micras. Dichos tanques están unidos al rebosadero



del tanque de puesta, por donde salen los huevos expulsados por los reproductores. Este sistema está diseñado de tal forma que impide que los huevos queden en seco debido a las fluctuaciones del nivel del agua del tanque de puesta.

Tenemos registradas puestas espontáneas de urta (*Pagrus auriga*) desde 2002 hasta 2008 durante los meses de agosto hasta noviembre (temperatura del agua entre 13 y 24 °C). En estos períodos de puesta la duración total ha oscilado entre 46 y 115 días, similar a la duración mencionada por Aristizábal *et al.* (2009) para *Pagrus pagrus* en Argentina, donde ha oscilado entre 54 y 103 días. En el caso de la urta los desoves más importantes se han dado entre 61 y 80% de los días de puesta. También se han obtenido puestas espontáneas y conjuntas de reproductores de *Pagrus spp.* (*Pagrus pagrus* y *Pagrus auriga*) durante los años 2003 a 2006 durante los meses de enero hasta mayo (temperatura del agua entre 13 y 21 °C) (Tabla III).

11.3.3. Producción de huevos

El número total de huevos obtenidos en el Centro IFAPA *El Toruño* durante el período de 2002 a 2008 ascendió a un total de 78,6 millones (40,4 millones de huevos flotantes), con un mínimo de 2,6 millones de huevos (2,0 millones de huevos flotantes), en 2008 y un máximo de 37,5 millones (20,9 millones de huevos flotantes), en 2005 (Figura 5). Esta producción de huevos se ha obtenido con una pobla-

TABLA III.

Período de puesta de la urta y temperatura del agua.

Cuadro rojo: Solapamiento de la puesta entre *Pagrus auriga* y *Pagrus pagrus*.

Año	Invierno-Primavera	Tª (°C)	Verano-Otoño	Tª (°C)
2002	–	–	31-agosto/21-noviembre	23,4-17,5
2003	02-enero/05-mayo	16,9-20,1	06-septiembre/31-diciembre	¿-15,2
2004	01-enero/-28-abril	16,0-21,2	08-septiembre/18-noviembre	23,6-18,6
2005	09-enero/17-mayo	13,9-20,9	21-agosto/13-diciembre	25,1-12,9
2006	04-enero-05-mayo	12,6-19,3	24-agosto/14-noviembre	24,2-18,0
2007	–	–	05-septiembre/13-noviembre	24,1-18,0



ción de reproductores de urta (hembras y machos) entre 129 (enero 2002) y 103 ejemplares (enero 2008).

La producción anual de huevos se fue incrementando desde las primeras puestas en cautividad en 2002 hasta 2005, a partir de este último año la producción ha ido decreciendo hasta alcanzar un mínimo en 2008. Si tenemos en cuenta que la estabulación de los pre-reproductores se realizó en el año 1998 con adultos de 2 años y el inicio de las puestas espontáneas en cautividad se realizó en el 2002 con reproductores con 7 años, y que además la edad máxima para las hembras es de 18 años (Pajuelo *et al.*, 2006b), podemos asegurar que a partir de 2005 nos encontramos con reproductores hembras con más de 10 años, que ya han superado la mitad de su esperanza de vida.

La media (\pm desviación típica) del diámetro de los huevos de urta oscila entre 0,96 (\pm 0,02) mm (Aguirre, 2006) y 0,99 (\pm 0,45) mm (Cárdenas *et al.*, 2005), mientras la media (\pm desviación típica) del diámetro de la gota lipídica se encuentra en 0,21 (\pm 0,01) mm (Aguirre, 2006). Estos valores son muy similares a los mencionados para el bocinegro (*P. pagrus*) (Tabla IV).

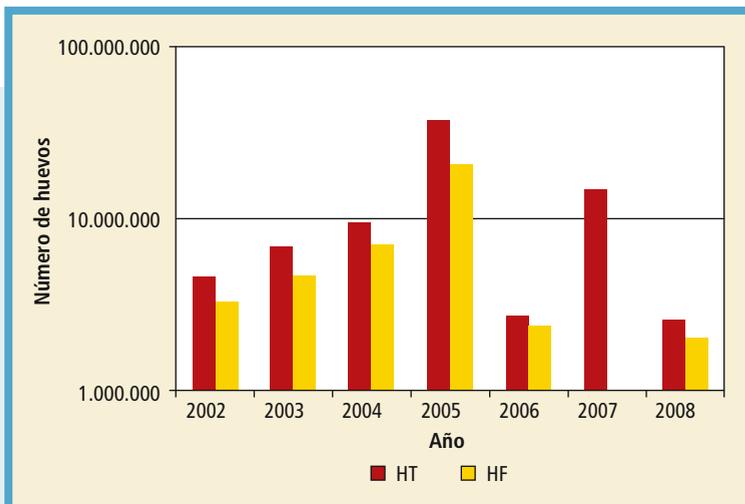


FIGURA 5.
Evolución de producción de huevos de urta
en el Centro IFAPA El Toruño.

TABLA IV.
Diámetros del huevo y la gota lipídica en especies del genero *Pagrus*.

Especie	Diámetro (mm)		Referencia
	Huevo	Gota lipídica	
<i>P. auriga</i>	0,96 ± 0,02 (0,93 – 1,03)	0,19 ± 0,23 (0,19 – 0,23)	Aguirre, 2006
	0,99 ± 0,45	–	Cárdenas <i>et al.</i> , 2005
<i>P. pagrus</i>	0,99 ± 0,06 (0,83 – 1,05)	0,21 ± 0,02 (0,16 – 0,24)	Cárdenas y Calvo, 2003
	0,89 – 0,93	0,18 – 0,20	Manchinandarena <i>et al.</i> , 2003
	0,99 ± 1,09	0,24 ± 0,04	Mihelakakis <i>et al.</i> , 2001
	1,02 ± 0,02	0,23 ± 0,004	Mylonas <i>et al.</i> , 2004

La composición bioquímica de huevos y larvas recién eclosionadas han resultado ser similares en *P. auriga* y *P. pagrus*, con contenidos en humedad entre 88 y 93%, en proteínas entre 3 y 6% y lípidos entre 1 y 3% (Tabla V). Los contenidos en lípidos son superiores en larvas que en los huevos. Los huevos contienen un menor porcentaje de DHA y EPA en *P. auriga* que en *P. pagrus*, mientras en las larvas esos contenidos han sido mayores en *P. auriga* que en *P. pagrus* (Martín y Marengo, 2008).

11.3.4. Influencia de la temperatura y de las fases lunares sobre la puesta

El intervalo de temperatura del agua durante la época de puesta ha oscilado entre 13 y 24 °C, con picos de puesta entre 19 y 22 °C y producciones escasas de huevos por debajo de 15 °C (Cárdenas y García, 2007). La moda en la producción de huevos (totales o flotantes) se alcanzó a los 22 °C y en el número de puestas a los 23 °C (Octubre). La flotabilidad (%) de los huevos aumentó con la temperatura.

Se ha podido comprobar la influencia de las fases lunares sobre la producción de huevos en la urta con picos de desove durante la luna nueva (Figura 6). Saavedra y Pousao-Ferreira (2006) también han observado la influencia de las fases lunares sobre la producción de huevos en la dorada (*Sparus aurata*).



TABLA V.
Composición bioquímica de huevos y larvas del género *Pagrus*
(Marenco y Martín, 2007; Martín y Marenco, 2008).

%	<i>Pagrus auriga</i>		<i>Pagrus pagrus</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
Humedad	91,03 ± 0,54	88,25 ± 0,22	93,38 ± 0,05	88,48 ± 0,22
Proteína bruta	5,87 ± 0,01	6,26 ± 0,05	3,26 ± 0,03	6,64 ± 0,03
Lípidos totales	1,07 ± 0,01	2,85 ± 0,05	0,77 ± 0,02	2,52 ± 0,00
Cenizas	1,37 ± 0,04	1,46 ± 0,04	1,41 ± 0,03	1,18 ± 0,03

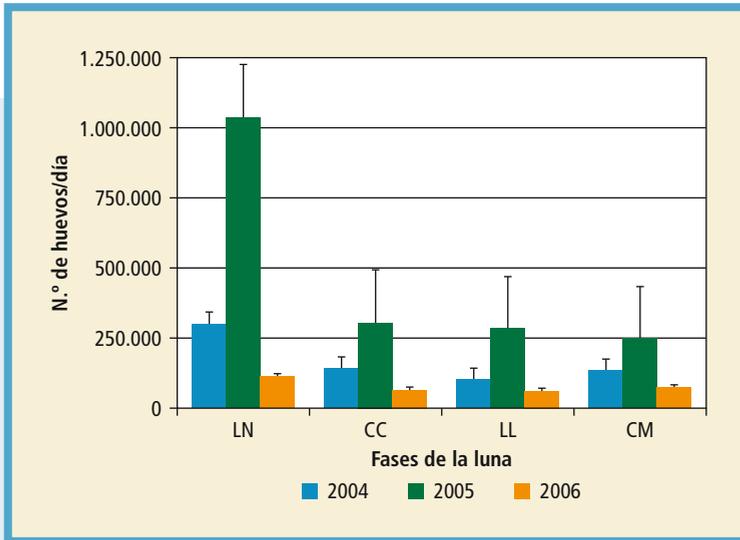


FIGURA 6.

Influencia de las fases de la luna sobre la producción de huevos de urta. LN: Luna nueva; CC: Cuarto creciente; LL: Luna nueva; CM: Cuarto menguante.

11.4. LARVICULTURA

Aguirre *et al.* (2006) han determinado que la temperatura óptima para la incubación de los huevos de urta se encuentra entre 15 y 18 °C. A esta temperatura fue donde se consiguieron mejores tasas de

supervivencia, buenos crecimientos y en donde el diámetro de la gota lipídica y el peso seco de las larvas presentaron un descenso menos acusado, lo que podría estar relacionado con una reducción en los costes energéticos. A partir de los datos de este autor y de los recopilados por Radonic *et al.* (2005) hemos obtenido que la relación entre la temperatura de incubación (Temp) y el tiempo de eclosión es inversamente proporcional:

$$\text{Tiempo de Eclosión (horas)} = 134,32 - 4,44 \times \text{Temp } (^\circ\text{C})$$

La mayoría de los ensayos en larvicultura de urta se han realizado en tanques de 600 l con una densidad larvaria de 50 larvas/l y con iluminación natural y artificial con una intensidad entre 250 y 1 000 lux.

Tres son las fases de la cría larvaria de la urta, dependiendo de la edad de las mismas. En ellas las renovaciones diarias de agua han oscilado entre 0 y 150% del volumen de los tanques de cría, y en la secuencia alimenticia las dosis de microalgas han estado entre 50 000 y 300 000 células/ml, las dosis de rotíferos entre 10 y 15 individuos/ml, la *Artemia* sp. entre 1 y 2 nauplios/ml y el pienso (0,15 a 0,80 micras) entre 1 y 8 mg/l (Tabla VI).

En los ensayos sobre cría larvaria con distintas especies de espáridos (Cañavate y Fernández-Díaz, 2001; Cara *et al.*, 2003; Darias *et al.*, 2005; Lozano *et al.*, 2004) hemos podido comprobar que la urta pre-

TABLA VI.
Fases de la cría larvaria de la urta.

	FASES (DDE)		
	I (3-20)	II (21-29)	III (30-55)
Horas de iluminación	24	15	Natural
Renovación del agua (%/día)	0-40	40-100	100-150
<i>Nannochloropsis gaditana</i> (cél/ml)	300 000	–	–
<i>Isochrysis galbana</i> (cél/ml)	50 000	100 000	–
<i>Brachionus plicatilis</i> (rot/ml)	10-15	15	–
<i>Artemia</i> sp. (nauplios/ml)	–	1,0-1,5	1,5-2,0
Pienso en micras (mg/ml)	–	0,15-0,30 (1-2)	0,3-0,8 (4-8)

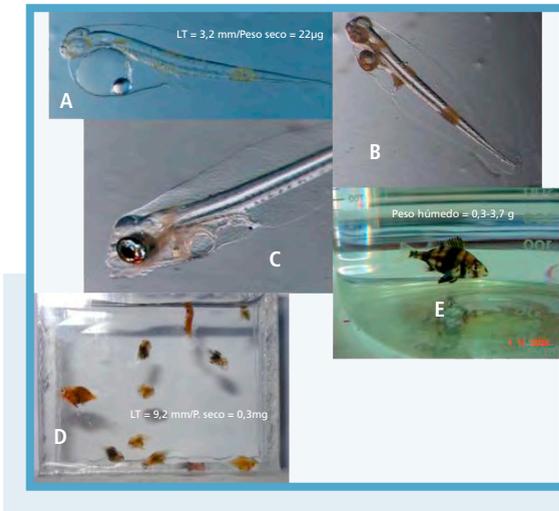


FIGURA 7.
Desarrollo larvario de urta durante los primeros dos meses de vida. A: 0 DDE; B: 3 DDE; C: 5 DDE; D: 30 DDE; E: 56 DDE.

senta tasas de crecimiento (SGR) hasta 3 veces superior a la dorada (*Sparus aurata*), hasta 2 veces superior al bocinegro (*Pagrus pagrus*) e idéntico al sargo común (*Diplodus sargus*) (Figuras 7-8).

En un ensayo realizado sobre la influencia de la intensidad de la luz en el crecimiento larvario de urta se ha comprobado que la iluminación con 800 lux en los tanques de cría larvaria generaba mejores tasas de crecimiento que cuando se realizaba con iluminación de 400 lux (Prieto *et al.*, 2003). Lozano *et al.* (2004) realizaron otro experimento, con la iluminación adecuada de 800 lux obtenida en el ensayo anterior, y alimentando las larvas de urta con nauplios de *Artemia* sp. o con una dieta inerte durante los días 20-30 DDE. Los resultados mostraron que las larvas de urta alimentadas con alimento vivo presentaban un mejor crecimiento. Por otra parte, en el experimento de Fernández-Díaz *et al.* (2009), donde se tuvieron en cuenta los resultados anteriores (iluminación 800 lux y utilización de rotíferos y *Artemia* sp. como alimento vivo), se probaron cuatro pautas alimenticias en la cría larvaria en el suministro de *Artemia* sp., obteniéndose el mejor crecimiento con el suministro estándar de *Artemia* sp entre los 20 y 30 DDE (Tabla VII). Resultados similares han obtenido Lacuisse *et al.* (2004), que comprobaron que las larvas de bocinegro (*P. pagrus*) crecían mejor con alimento vivo (*Artemia* sp y copépodos) que con alimento seco.

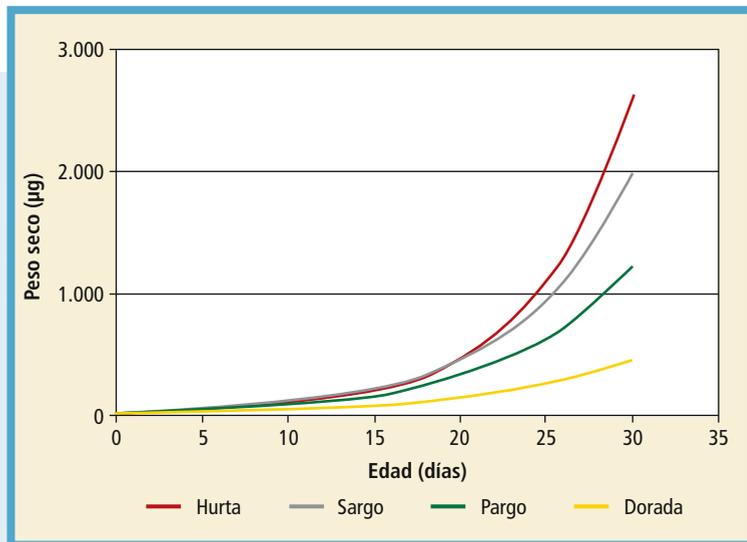


FIGURA 8.
Crecimiento larvario de varias especies de la familia de los Espáridos.

En el trabajo Moyano *et al.* (2005) se presentan los resultados obtenidos acerca de la evolución de las principales enzimas digestivas desde la eclosión de las larvas hasta que alcanzan una edad de 40 DDE. La actividad de la tripsina aumentó gradualmente a lo largo del desarrollo larvario, hasta alcanzar un valor estacionario en torno a 40 UF/individuo, en larvas a partir de 25 DDE. La quimotripsina presentó una actividad similar en las larvas de más edad. Sin embargo, hasta alcanzar los 10 días de edad, la actividad de la quimotripsina creció mucho más rápidamente. La actividad de proteasa ácida se detectó a partir de los 30 días de edad. La actividad amilasa también se incrementó a lo largo del desarrollo larvario, pero lo hizo con una velocidad muy inferior a la encontrada para las proteasas. Las esterases se incrementaron en dos órdenes de magnitud desde el inicio de la alimentación hasta los 40 días de edad, alcanzando máximos cercanos a 100 UF / individuo.

En esa misma línea Sánchez-Amaya *et al.* (2005, 2007) estudiaron el sistema digestivo de las larvas de urta desde 0 hasta 30 DDE. Se



TABLA VII.
Crecimiento experimental de urta durante la fase larvaria.

Referencia	T ^a . (°C)	Iluminación (lux)	Días de Alimentación (DDE) con:				SGR (%/día)
			Alga	Rotífero	Artemia	Pienso	
Prieto <i>et al.</i> , 2003	20-21	400	3-22	3-22	20-30	–	15,7
	20-21	800	3-22	3-22	20-30	–	17,8
Lozano <i>et al.</i> , 2004	19-20	800	3-30	3-30	20-30	–	16,5
	19-20	800	3-30	3-30	–	20-30	13,3
Fernández-Díaz <i>et al.</i> , 2009	22	800	3-29	3-29	–	–	12,0
	22	800	3-26	3-18	19-26	–	13,0
	22	800	3-31	3-23	24-31	–	11,0
	22	800	3-36	3-28	29-36	–	10,0

realizaron análisis histológicos e histoquímicos para estudiar la histomorfología y la distribución de carbohidratos y proteínas en el tracto digestivo de las larvas. Los mayores cambios en la diferenciación del sistema digestivo se realizan durante las etapas más tempranas del desarrollo larvario. Durante la primera alimentación (3 DDE) la boca y el ano se abren y el tubo digestivo se diferencia en la cavidad faríngea bucal, esófago, estómago incipiente e intestino. Las glándulas gástricas aparecen alrededor de 16 DDE. Las células mucosas son ricas en ácidos neutros y mucosustancias. La absorción intestinal de los lípidos fue evidente desde 5 DDE y las vesículas proteicas supranucleares del intestino fueron detectadas entre 9 y 13 DDE. Los gránulos hepáticos glicogénicos, y el páncreas exocrino y endocrino fueron identificados desde 3 DDE.

Gavaia *et al.* (2005) investigaron la ontogenia del desarrollo esquelético de *Pagrus auriga* desde 0 hasta 40 DDE. Los tejidos cartilaginosos se tiñeron de azul mientras las estructuras calcificadas presentaron un evidente color rojo utilizando una tinción doble Alcian Blue-Alizarim Red modificada y desarrollada por los autores. Las primeras estructuras esqueléticas (cleitrum, opérculos, supramaxilar) se desarrollan al mismo tiempo que los arcos branquiales y el cráneo entre 3 y



15 DDE. A los 40 DDE todas las estructuras de la columna vertebral y la aleta caudal están calcificadas.

11.5. ENGORDE

La Tasa Específica de Crecimiento (SGR) de la urta durante la fase de preengorde entre 3 y 50 gramos en tanques y viveros flotantes varía entre 1,5 y 2,5%/día, con ganancias diarias de peso (DGR) entre 0,2 y 0,4 g/día (Tabla VIII). La relación inversamente proporcional entre la SGR y el peso inicial de las urtas se puede expresar por la ecuación (Cárdenas y Manchado, 2008):

$$SGR (\%/día) = 9,0475 \times P^{-0,6441}$$

Las producciones comerciales realizadas en la fase de engorde en viveros flotantes con *Pagrus auriga* y *Pagrus pagrus* han permitido constatar que la SGR de la urta obtenida ha sido superior al bocinegro (Tabla IX). La urta alcanza un tamaño comercial de 500 gramos a los 2 años (Figura 9). La Tasa Específica de Crecimiento (SGR) de la urta en esta fase de engorde varía entre 0,9 y 1,6%/día, con ganancias diarias de peso (DGR) entre 0,6 y 0,8 g/día (Tabla IX).

En estas instalaciones de engorde en viveros flotantes la urta sería rentable con precios en origen de 4,63 €/kg, para una producción de

TABLA VIII.
Preengorde de urta en distintas instalaciones de crianza.

Recinto	Tanques		Tanques	Viveros flotantes
Vol. recinto (m³)	10	4	4	50
Duración (días)	122	90	90	84
Supervivencia (%)	96	98	85	97
Peso inicial (g)	7,9	3,2	12,8	3,5
Peso final (g)	52,5	19,7	41,5	29,7
DGR (g/día)	0,37	0,18	0,32	0,31
SGR (%/día)	1,5	2,0	1,3	2,5
Referencia	Muñoz <i>et al.</i> , 2005	Cárdenas, 2003		Padilla <i>et al.</i> , 2005

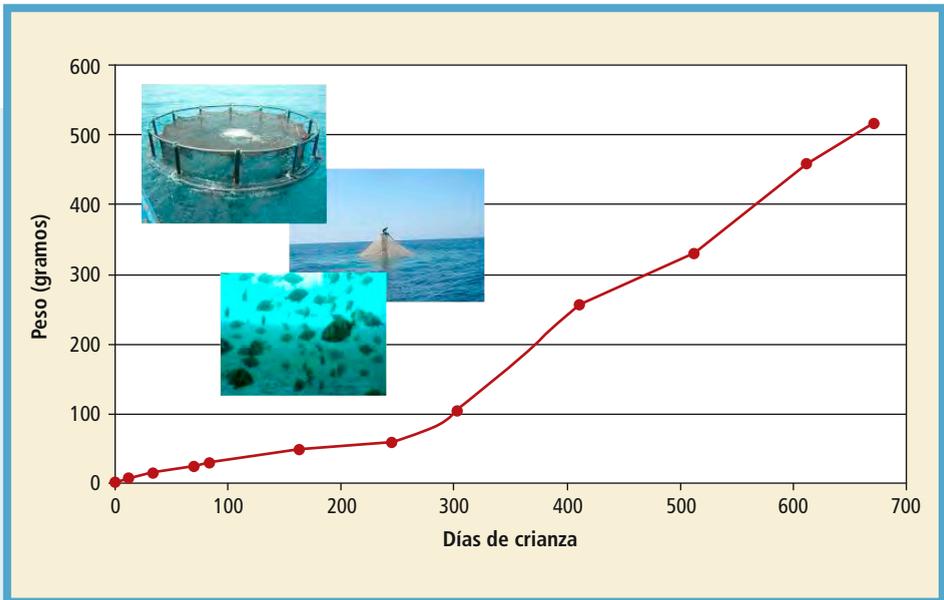


FIGURA 9.

Crecimiento de juveniles de urta durante la fase de engorde en viveros flotantes (Datos: Padilla et al., 2005; Fotografías: F.J. Padilla y O. Mansilla).

1 000 t y un tamaño comercial de 500 g, por lo que se puede afirmar que sería una especie potencial a precios al consumidor similares a los de dorada (García-García y García-García, 2010). Los ensayos de engorde en estanques de tierra han sido irregulares sin haberse podido sacar resultados definitivos sobre el comportamiento de esta especie en este tipo de hábitat.

11.6. PATOLOGÍA

11.6.1. Malformaciones esqueléticas

Gavaia *et al.* (2005) investigaron la ontogenia del desarrollo esquelético de *Pagrus auriga* desde 0 hasta 40 DDE, habiendo encontrado algunas deformaciones esqueléticas, habituales en otras especies de espáridos, como *Sparus aurata* (Andrades *et al.*, 1992) y *Pagrus major* (Sawada *et al.*, 2006).

TABLA IX.
Engorde de pargos (urta y bocinegro) en artefactos flotantes.

Especie	Pagrus auriga			Pagrus pagrus
	Tanques	Tanques	Viveros flotantes	Viveros flotantes
Duración (días)	123	227	671	570
Temperatura (°C)	–	15-26	11-25	14-25
Supervivencia (%)	98	93	88	94
Peso inicial (g)	15,9	6,4 ± 5,5	4	2
Peso final (g)	109,0	158,7 ± 33,9	515	360
DGR (g/día)	0,77	0,67	0,76	0,63
TGC	–	0,71 ± 0,12	–	–
SGR (%/día)	1,6	1,5 ± 0,7	1,3 ± 1,4	0,9
FCR	–	–	2,9 ± 5,9	1,8
Referencia	Muñoz <i>et al.</i> , 2005	Padilla <i>et al.</i> , 2003	Padilla <i>et al.</i> , 2005	Kolios <i>et al.</i> , 1997

Muñoz *et al.* (2008) encontraron un porcentaje del 3,9% de urtas con malformaciones sobre un total de 1.235 urtas analizadas, inferior a los valores de 10-15% que registraron Andrades *et al.* (1992) en dorada. Este porcentaje es inferior al máximo del 5% de peces deformes que las empresas de engorde aceptan en los lotes de alevines que compran a los criaderos (Afonso y Roo, 2007).

Externamente, los juveniles de urta con malformaciones esqueléticas son más cortos, y presentan una cabeza muy grande con relación al tamaño del tronco, cuerpos comprimidos, desviaciones en las zonas dorsal y ventral, aleta caudal levantada y línea lateral con trayectoria irregular. El examen con rayos X muestra la fusión de vértebras, y la curvatura dorsoventral en forma de V de la columna vertebral, más acusada en los individuos lordóticos. En algunos casos, las vértebras en la zona de la curvatura tienen una fusión de las espinas neurales (xifolordosis). En todos los juveniles radiografiados se aprecia la vejiga gaseosa funcional. El tramo de médula espinal afectado en las urtas lordóticas corresponde a la zona entre las vértebras 10-14. El grado de deformación (α) de la columna vertebral osciló entre 49° y 58°, supe-



rior a los 40° detectados en doradas por Andrades *et al.* (1990). Jiménez-Tenorio *et al.* (2003) realizaron estudios sobre histopatología de adultos de urta. En algunos cultivos hemos encontrado algunos casos de urtas afectadas de exoftalmia.

11.6.2. Infecciones bacterianas y víricas

La bacteria *Phobacterium damselae* spp. *damselae* ha sido descrita como patógena de la urta produciendo como sintomatología externa oscurecimiento de la piel y exoftalmia, e interna como inflamación abdominal con líquido ascítico, hígado graso con petequias y áreas necrotizadas y esplenomegalia. La mayoría de estos síntomas son similares a los mencionados para la vibriosis y pasteurelosis en otras especies de espáridos cultivados. Estas infecciones han provocado mortalidades del 10% en urtas con pesos comprendidos entre 80 y 300 gramos para un período de cultivo de 31 semanas (Labella *et al.*, 2006) y entre 10-26% en urtas con pesos comprendidos entre 193-529 gramos (Aparicio *et al.*, 2007). Labella *et al.* (2006) han comprobado la eficacia de ciertos agentes quimioterapéuticos habitualmente utilizados en acuicultura para combatir este patógeno y también han determinado la dosis letal LD50 mediante inoculación intraperitoneal en $3,9 \times 10^5$ CFU/g de peso del pez.

García-Rosado *et al.* (2007) y Labella *et al.* (2006) han registrado co-infecciones de *P. damselae* y virus de la necrosis nerviosa (VNNV) en urtas cultivadas con mortalidades entre 26 y 28%. También han registrado co-infecciones de *Vibrio harveyi*, *V. ichthyenteri* y *V. splendidus* con VNNV con mortalidades entre 5 y 20% en cultivos de urta. Por otra parte, López-Jimena *et al.* (2010) han desarrollado técnicas de detección específica de IPNV (necrosis pancreática infecciosa) y VNNV (necrosis nerviosa viral) en muestras de sangre de urta de crianza.

11.6.3. Parásitos

Neifar *et al.* (2004) describe las características del parásito *Lamellodiscus rastrelus* (Plathelminthes, Monogenea) encontrado en urtas capturadas en las costas africanas y Genc (2002) menciona la presencia del endoparásito *Hysterothylacoium* sp. (Nematoda) en el intestino de urtas capturadas en las costas de Turquía.



11.7. GENÉTICA

11.7.1. Filogenia

Usando dos familias de ADN-satélite (una centromérica y otra subtelomérica) como marcadores filogenéticos, Garrido-Ramos *et al.* (1995, 1999) intervienen en las controvertidas relaciones filogenéticas de la familia de los espáridos (Sparidae). Los resultados obtenidos por estos autores indican una estrecha relación entre el género *Sparus* y *Diplodus*, y una divergencia entre *Sparus* y *Pagrus*. Estos datos están de acuerdo con la opinión más extendida que considera *Sparus* como un género monotípico que solamente podría incluir la dorada (*Sparus aurata*), y recomienda su separación del género *Pagrus*, que incluiría el bocinegro (*Pagrus pagrus*) y la urta (*Pagrus auriga*), entre otras especies.

De La Herrán *et al.* (2001) sugiere la separación de la familia Sparidae en dos linajes: linaje 1, compuesto por las especies pertenecientes a los géneros *Sparus*, *Diplodus*, *Lithognathus*, *Spondylisoma*, *Boops* y *Sarpa* y la especie *Pagellus bogaraveo*, y linaje 2, compuesto por las especies pertenecientes a los géneros *Pagrus* y *Dentex*, más la especie *Pagellus erythrinus*. La existencia de estos dos clados dentro de la familia Sparidae y la estrecha relación de las especies pertenecientes al género *Pagrus*, incluida *P. auriga*, con algunas especies del género *Pagellus* (*P. erythrinus* y *P. bellottii*) fue confirmado mediante un estudio filogenético utilizando secuencias de los genes mitocondriales citocromo-b y 16S (Orrell y Carpenter, 2004).

11.7.2. Genómica

Ponce *et al.* (2004a, 2004b) determinaron que 16 628 bp era la longitud total del genoma mitocondrial de *Pagrus auriga*, similar a otros mitogenomas animales. La secuencia completa del ADNmt ha sido depositada en las bases de datos de secuencias de nucleótidos de GeneBank/EMBL/DBJ, con el número de acceso NC005146. La organización y localización de los diferentes componentes del genoma mitocondrial están en consonancia con los patrones encontrados en otros ADNmt de teleósteos. El genoma contiene 13 genes codificantes de proteínas, subunidades pequeñas (12S) y largas (16S) de genes ribosomales ARN (rRNAs) y 22 genes tRNA. Estos resultados proporcio-



nan información importante para los estudios de variabilidad genética entre las poblaciones salvajes y las cultivadas.

11.7.3. Identificación de especies

Merlo *et al.* (2007, 2008) han realizado estudios citogenéticos con el bocinegro, la urta y el híbrido «pagurta» (más adelante hablaremos de este híbrido) que les han permitido localizar diferentes familias multigénicas, que pueden ser usadas como sondas FISH (hibridación in situ de fluorescencia) y tener utilidad en la búsqueda de marcadores cromosómicos que posibilitan posteriores estudios de trazabilidad entre distintas especies.

Asimismo, los resultados obtenidos con sondas FISH presentan variabilidad entre las especies estudiadas, tanto en número de señales de hibridación como en la posición de las mismas, las cuales nos podrían permitir diferenciar citogenéticamente entre especies, y ser la base para la creación de un mapa físico y su posible relación con mapas de ligamiento.

11.7.4. Mejora genética

En especies de la familia de los espáridos se ha establecido como costumbre que poblaciones de 40-60 reproductores son suficientes para la obtención de puestas masivas necesarias en los criaderos comerciales, donde se suelen desconocer las relaciones parenterales-descendencia. Por esta razón, los programas de cría en cautividad necesitan de la combinación de marcas externas o internas (PIT) e identificación genética. En urtas es posible reconstruir este parentesco analizando marcadores moleculares (Ponce *et al.*, 2004a, 2004b, 2006, 2007; Pasamontes *et al.*, 2007), que se pueden combinar en PCR's multiplex para reducir costes (Navarro *et al.*, 2008).

11.7.5. Expresión génica

El cariotipo de la urta está compuesto por 48 cromosomas (Vitturi *et al.*, 1992) y la expresión de sus genes ha sido estudiada por varios autores (Ponce *et al.*, 2008; Viegas *et al.*, 2004).

La regulación del crecimiento es muy importante en acuicultura. Se conoce que los factores de crecimiento similares a la insulina (IGFs) son



esenciales para el desarrollo, crecimiento y reproducción en peces. Ponce (2008) y Ponce *et al.* (2008) describen el ADN complementario (ADNc) correspondiente a la IGF-I y IGF-II de la urta, utilizando la técnica RACE-PCR mediante el uso de cebadores diseñados a partir de las secuencias de otros teleósteos existentes en las bases de datos. Por su parte, Viegas *et al.* (2004) han analizado los cambios en la expresión génica de proteínas cartilaginosas y óseas como resultado de diferentes condiciones de cultivo y las han relacionado con alteraciones en la esqueletogénesis. Martín-Antonio (2009) y Martín-Antonio *et al.* (2009) han estudiado el sistema inmune innato y adaptativo de la urta frente a patógenos bacterianos.

11.7.6. Producción del híbrido «PAGURTA»

Se ha podido obtener de forma enteramente natural la producción de huevos de híbridos interespecíficos de bocinegro *Pagrus pagrus* (hembra) x urta *Pagrus auriga* (macho), solamente dejando interactuar hembras y machos de ambas especies (puestas espontáneas y fecundación natural) en un tanque RAS de puesta de 500 m³ (Figura 3) (Manchado *et al.*, 2005). Como resultado de la cría larvaria posterior hemos obtenido entre 5% (estimado en 2004) y 6% (en 2005) de alevines de híbridos de *Pagrus pagrus* (hembra) x *Pagrus auriga* (macho) (Figura 10), que hemos denominado PAGURTA (Cárdenas y García, 2006) (Tabla X). La posible presencia de otro híbrido *Pagrus auriga* (hembra) x *Pagrus pagrus* (macho), cuya denominación teórica sería URTARGO, no ha sido detectada a nivel morfológico ni genómico.

Las veces que se han intentado obtener, mediante esta interacción sexual, con otros híbridos intergenéricos, dentro de la familia de los espáridos, los resultados han sido negativos. Solamente ha sido posible la producción de híbridos cuando se han utilizado técnicas de masaje abdominal con hembras y machos en período de puesta, y la posterior fecundación artificial (Dujakovic y Glamuzina, 1990; Paspatis *et al.*, 1999). Los resultados de esos cruces han resultado dispares con supervivencias entre 0 y 2% cuando los cruces se han realizado entre especies de distintos linajes (ver apartado de Filogenia), y entre 12 y 17% cuando se han realizado dentro del mismo linaje (Tabla XI). Las



FIGURA 10.

PAGURTA, Híbrido de bocinegro (*Pagrus pagrus*) hembra y urta (*Pagrus auriga*) macho (A), con los caracteres externos más sobresalientes de cada especie (B).

causas que provocan esta disparidad de resultados tienen que ver con la distancia filogenética entre las especies que pretendemos cruzar.

11.8. CALIDAD ALIMENTARIA

Desde un punto de vista nutricional, culinario y gastronómico esta especie es muy interesante debido a su bajo contenido en grasa (0,61 g/100 g peso fresco) y calorías (86,48 kilocalorías/g peso fresco), y a un aceptable contenido en proteínas (19,93 g/100 g peso fresco) (Soriguer *et al.*, 1997). No existen diferencias en la composición bioquímica de urtas de pesca extractiva y de crianza en cuanto contenido en proteínas y lípidos (Marenco y Martín, 2005).

En el libro de García-García *et al.* (2008), sobre el consumo y la aceptación de peces de crianza entre la población española, se concluye que

TABLA X.

Producción de alevines de bocinegro, urta y PAGURTA
(Cárdenas y García, 2006).

Especie / Híbrido	Edad (meses)	Número	Peso (g)
Bocinegro	3-5	9 250	3,00-7,58
Urta	4	530	3,87
PAGURTA	3-4	592	3,00-5,29

TABLA XI.

Supervivencia larvaria (%) en cruces intraespecíficos e intergenéricos en espáridos.

		HEMBRAS		
		Sparus aurata	Sparus aurata	Pagrus pagrus
M A C H O S	Sparus aurata	12,0 (0-30 DDE)	20 (0-50 DDE)	0 (0-3 DDE)
	Diplodus puntazzo	15,5 (0-30 DDE)	–	–
	Diplodus vulgaris	16,5 (0-30 DDE)	–	–
	Pagrus pagrus	–	1,6 (0-50 DDE)	7,5 (0-50 DDE)
Referencia		Dujakovic y Glamuzina, 1990	Paspatis <i>et al.</i> , 1999	

las especies mejor valoradas dentro de la familia de los espáridos, exceptuando la dorada, han sido el dentón (*Dentex dentex*), el besugo (*Pagellus bogaraveo*) y el bocinegro (*Pagrus pagrus*), entre las que no existen diferencias significativas y las que menos la urta (*Pagrus auriga*) y el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*), aunque todas se encuentran en valores próximos a 4 (me gusta) sobre un total de 5. Entre un 70 y 75% de los consumidores comprarían todas estas especies en el mercado si tuvieran un precio razonable (Hernández *et al.*, 2007).

La Cofradía de Pescadores Conil de la Frontera (Cádiz), en colaboración con la Junta de Andalucía, ha creado la Calidad Certificada de Pescados de Conil, entre los cuales se encuentra la URTA.

11.9. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Roberto de la Herrán de la Universidad de Granada por la revisión crítica del manuscrito. A D. José Luis Muñoz del IFAPA y a D. Francisco J. Padilla y D. Oscar Mansilla de la Cofradía de Pescadores de Conil de la Frontera (Cádiz) por sus fotografías.

11.10. BIBLIOGRAFÍA

ABELLÁN E., BASURCO B. (Eds.). 1999. Finfish species diversification in the context of Mediterranean marine fish farming development. *Options Méditerran. Series B*, 24 : 9-25.



- AFONSO J.M., ROO F.J. 2007. Anomalías morfológicas en peces cultivados: heredabilidad y selección. En: Martínez P., Figueras A. (Eds.). *Genética y Genómica en Acuicultura*. FOESA y CSIC. Madrid, pp: 215-240.
- AGUIRRE E. 2006. Influencia de la temperatura de incubación sobre la supervivencia y el crecimiento de huevos y larvas de hurta *Pagrus auriga* durante la primera semana de vida. Tesis de Master. IV Master Universitario Internacional en Acuicultura. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 71 pp.
- AGUIRRE E., GARCÍA N., CÁRDENAS S. 2006. Influencia de la temperatura de incubación en la supervivencia y el desarrollo de huevos y larvas de hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae) durante la primera semana de vida. En: *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2006* (<http://www.revistaaquatic.com/civa2006>), pp: 1267-1278.
- ALEKSEEV F.E. 1982. Hermaphroditism in sparid fishes (Perciformes, Sparidae). I. Protogyny in porgies, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga*, from West Africa. *J. Ichthyol.*, 22: 85-94.
- ALEKSEEV F.E. 1983. Hermaphroditism in porgies (Perciformes, Sparidae). II. Sexual structure of the populations, mechanism of its formation and evolution in scups, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga*. *J. Ichthyol.*, 23: 61-73.
- ANDRADES J.A., BALEBONA M.C., CÁRDENAS S., BECERRA J., FERNÁNDEZ-LLEBREZ P. 1990. Malformaciones esqueléticas de la dorada (*Sparus aurata*): Estudio de la actividad del órgano subcomisural (OSC) y de la microflora asociada con los procesos lordóticos. En: *Actas de III Congr. Nac. Acuicult.* Vilagarcía de Arousa, Pontevedra, pp: 267-272.
- ANDRADES J.A., FERNÁNDEZ-LLEBREZ P., HERRÁEZ P., CÁRDENAS S., BECERRA J. 1992. Estudio de las malformaciones en la médula espinal de *Sparus aurata* afectada de lordosis. En: *V Congreso Iberoamericano de Biología Celular*. Málaga, p. 171.
- APARICIO M., BERBEL C., INFANTE C., LABELLA A., BORREGO J.J., MANCHADO M. 2007. Caracterización bioquímica y molecular de aislados de *Phobacterium damsela* subsp. *damsela* de urtas (*Pagrus auriga*) cultivadas. En: *XI Congr. Nac. Acuicult.* Vigo, pp: 1057- 1060.
- ARISTIZABAL E., SUÁREZ J., VEGA A., BARGAS R. 2009. Egg and larval quality assessment in the Argentinean res porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 287: 329-334.
- BAUCHOT M.L., HUREAU J.C. 1990. Sparidae. En: *Check-list of the Fishes of the Eastern tropical Atlantic*. UNESCO, Paris.
- BIANCHI G. 1984. Study of the morphology of five Mediterranean and Atlantic sparid fishes with a reinstatement of the genus *Pagrus* Cuvier, 1817. *Cy-bium*, 8: 31-56.
- BRITO A. 1991. *Catálogo de los Peces de las Islas Canarias*. Francisco Lemus Editor, La Laguna, Islas Canarias. 230 pp.



- BUXTON C.D., GARRATT P.A. 1990. Alternative reproductive styles in seabream (Pisces: Sparidae). *Environ. Biol. Fish.*, 28: 113-124.
- CAÑAVATE J.P., FERNÁNDEZ-DÍAZ C. 2001. Pilot evaluation of freeze-dried microalgae in the mass rearing of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture*, 193: 257-269.
- CARA J.B., MOYANO F.J., CÁRDENAS S., FERNÁNDEZ-DÍAZ C., YÚFERA M. 2003. Assessment of digestive enzyme activities during larval development of white bream. *J. Fish. Biol.*, 63: 48-58.
- CÁRDENAS S. 1997. Reproducción de la hurta, *Pagrus auriga* (Valenciennes, 1843), en el Golfo de Cádiz. En: *Actas del VI Congr. Nac. Acuicult.* Cartagena, Murcia. pp: 371-376.
- CÁRDENAS S. 1998a. Alimentación de la breca (*Pagellus erythrinus* Linnaeus, 1758), pargo (*Pagrus pagrus* Linnaeus, 1758), salmonete de roca (*Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) y hurta (*Pagrus auriga* Valenciennes, 1843) en el Golfo de Cádiz. En: *Resumos do X Simpósio Ibérico de Estudos de Bentos Marinho*. Praia do Carvoeiro, Algarve, Portugal, p. 51.
- CÁRDENAS S. 1998b. Biometría del pargo y la hurta. En: Pérez J.M., Cárdenas S., Muñoz J.L. (Eds.). *La Pesca Artesanal en el Puerto de Conil*. Informe de Trabajo. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- CÁRDENAS S. 2003. Cultivo de *Pagrus* spp.. Seminario DIVERAQUA 2003. CICEM *Aguas del Pino*, Cartaya, Huelva, 11-12 de Diciembre de 2003.
- CÁRDENAS S. 2006. Potencialidad de la crianza de la hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae). En: *III Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico*. Cartaya, Huelva, pp: 81-95.
- CÁRDENAS S. 2007. El cultivo de la hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae). *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 9: 81-93.
- CÁRDENAS S., CALVO A. 2003. Reproducción en el mar y en cautividad del pargo común o bocinero, *Pagrus pagrus* (Pisces: Sparidae). En: *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, CIVA 2003, pp: 468-480.
- CÁRDENAS S., GARCÍA N. 2006. Acuicultura de la hurta (*Pagrus auriga* Valenciennes, 1843) y el bocinero (*Pagrus pagrus* Linnaeus, 1758) en Andalucía. En: Hernando J.A., Manzano J.C. (Eds.). *Avances en la Investigación Pesquera y Acuícola en el Ámbito del Estrecho de Gibraltar*. Centro de Información y Documentación del OPAM, Universidad de Cádiz. Puerto Real, Cádiz, pp: 337-377.
- CÁRDENAS S., GARCÍA N. 2007. Influencia de la temperatura del agua sobre la producción de huevos de hurta (*Pagrus auriga*) durante cinco otoños consecutivos (2002-06). En: *Jornada de Divulgación y Transferencia de Resultados de Cooperación Transfronteriza Algarve-Andalucía para la Investigación y Promoción de Nuevos Productos Acuícolas*. Tavira, Portugal.
- CÁRDENAS S., MANCHADO M. 2008. Perspectives for redbanded seabream culture. *Global Aquaculture Advocate*, 11: 56-58.



- Cárdenas S., Cañavate J.P., Sánchez-Lamadrid A., Naranjo J.M. 2003. Domesticación de la hurta (*Pagrus auriga*). En: *Libro de Resúmenes del IX Congr. Nac. Acuicult.* Cádiz, pp: 393-394.
- CÁRDENAS S., LOZANO I., PLAZUELO A. 2004. Manejo y Cultivo de Espáridos. En: *Jornadas Científico-Técnicas Andalucía-Marruecos sobre Diversificación de Especies en Acuicultura.* Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz.
- CÁRDENAS S., LOZANO I., GARCÍA N. 2005. Producción de huevos de bocinegro (*Pagrus pagrus*) y hurta (*Pagrus auriga*) en cautividad. En: *X Congr. Nac. Acuicult.*, Gandía, Valencia. pp: 494-495.
- CÁRDENAS S., MANCHADO M., NARANJO J.M. 2006. The redbanded seabream *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae): a new promising species in aquaculture. En: *Aquac. Eur. 2006/World Aquac. 2006 «AQUA 2006»*, Florencia, Italia.
- CHAKROUN-MARZOUK N., KARTAS F. 1987. Denture et régime alimentaire des espèces du genre *Pagrus* (Pisces, Sparidae) des côtes tunisiennes. *Cybiurn*, 11 : 3-19.
- DARIAS M.J., MURRAY H.M., MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ G., CÁRDENAS S., YÚFERA M. 2005. Gene expression of pepsinogen during the larval development of red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 248: 245-252.
- DE LA HERRÁN R., RUIZ-REJÓN C., RUIZ-REJÓN M., GARRIDO-RAMOS M.A. 2001. The molecular phylogeny of the Sparidae (Pisces, Perciformes) based on two satellite DNA families. *Heredity*, 87: 691-697.
- DUJAKOVIC J.J., GLAMUZINA B. 1990. Intergeneric hybridization in Sparidae. I. *Sparus aurata* (female) x *Diplodus puntazzo* (male) and *Sparus aurata* (female) x *Diplodus vulgaris* (male). *Aquaculture*, 86: 369-378.
- FAO 2006. *Fisheries and Aquaculture. Species Fact Sheets: Pagrus auriga (Valenciennes, 1843)*. FAO, Roma. (<http://www.fao.org/fishery/species/3190/en>).
- FERNÁNDEZ-DÍAZ C., SIGUERO I., CAÑAVATE J.P. 2009. Influence of switching rotifer to *Artemia* on digestive enzyme activity of *Pagrus auriga* larvae. *European Aquaculture Society Special Publication*, 38: 104-107.
- GARCÍA-CORNEJO R. 2006. Sobre la historia lingüística de la voz urta. *Anuario de Estudios Filológicos*, 29: 71-86.
- GARCÍA-GARCÍA B., HERNÁNDEZ M.D., CÁRDENAS S., MUÑOZ J.L., RODRÍGUEZ C., CARRASCO J., PASTOR E., GRAU A., GINÉS R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., ESTÉVEZ A., BELLOT O., RODRÍGUEZ L.M., OTERO-LLOVO J., MARTÍNEZ S., TOMAS A. 2007. Hábitos de consumo de pescado en ocho localidades costeras de España. En: *XI Congr. Nac. Acuicult.* Vigo, pp: 869-872.
- GARCÍA-GARCÍA B., HERNÁNDEZ M.D., CÁRDENAS S., MUÑOZ J.L., RODRÍGUEZ C., CARRASCO J., PASTOR E., GRAU A., GINÉS R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., ESTÉVEZ A., BELLOT O., RODRÍGUEZ L.M., OTERO-LLOVO J., MARTÍNEZ S., TOMAS A. 2008. *Análisis sensorial de 5 especies de Espáridos (besugo, dentón, hurta, pargo y sargo picudo)*



- en ocho localidades costeras de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 64 pp.
- GARCÍA-GARCÍA J., GARCÍA-GARCÍA B. 2010. Análisis de costes comparativo del engorde de diversas especies de espáridos en jaulas en mar abierto. En: Beaz D, Villarroel M, Cárdenas S. (Eds.). *XII Congr. Nac. Acuicult.* Madrid, pp: 438-439.
- GARCÍA-ROSADO E., CANO I., MARTÍN-ANTONIO B., LABELLA A., MANCHADO M., ALONSO M.C. CASTRO D., BORREGO J.J. 2007. Co-occurrence of viral and bacterial pathogens in disease outbreaks affecting newly cultured sparid fish. *Int. Microbiol.*, 10: 193-199.
- GARRIDO-RAMOS M.A., JAMILENA M., LOZANO R., CÁRDENAS S., RUIZ-REJÓN C., RUIZ-REJÓN M. 1995. Phylogenetic relationships of the Sparidae family (Pisces, Perciformes) inferred from satellite-DNA. *Hereditas*, 122: 1-6.
- GARRIDO-RAMOS M.A., DE LA HERRÁN R., JAMILENA M., LOZANO R., RUIZ-REJÓN C., RUIZ-REJÓN M. 1999. Evolution of cetrimeric satellite DNA and its use in phylogenetic studies of the Sparidae family (Pisces, Perciformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12: 200-204.
- GAVAIA P., DOMINGUEZ S., CÁRDENAS S., CANCELA L., SARASQUETE C. 2005. Desarrollo esquelético de la hurta, *Pagrus auriga*, cultivada. En: *X Congr. Nac. de Acuicult.* Gandía. pp: 384-385.
- GENC E. 2002. *The endoparasites and histopathology found in the some commercial teleosts in the Bay of Iskenderun, Turkey.* Ph. D. Thesis. University of Cukurova, Adana, Turquía.
- GONZÁLEZ-JIMÉNEZ J.F., HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ C.L., MARRERO-GONZÁLEZ P., RAPP-BARREIROS E. 2000. *Peces de Canarias. Guía Submarina.* Lemus F. (Ed.), La Laguna, Islas Canarias. 235 pp.
- HERNÁNDEZ M.D., GARCÍA-GARCÍA, B., CÁRDENAS S., MUÑOZ J.L., RODRÍGUEZ C., CARRASCO J., PASTOR E., GRAU A., GINÉS R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M., ESTÉVEZ A., BELLOT O., RODRÍGUEZ L.M., OTERO-LLOVO J., MARTÍNEZ S., TOMAS A. 2007. Calidad sensorial de cinco especies de espáridos (besugo, dentón, hurta, pargo y sargo picudo) de crianza. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 10: 245-254.
- IZQUIERDO M.S., FERNÁNDEZ-PALACIOS H., TACON A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197: 25-42.
- JIMÉNEZ-TENORIO N., RENDÓN M.C., OLIVA M., CÁRDENAS S., SARASQUETE C., GONZÁLEZ DE CANALES M.L. 2003. Contribución preliminar a la histofisiología e histopatología de la hurta (*Pagrus auriga*). En: *Libro de Resúmenes del IX Congr. Nac. Acuicult.* Mayo. Cádiz, pp: 381-383.
- KOKOKIRIS L., BRUSLÉ S., KENTOURI M., FOSTIER A. 1999. Sexual maturity and hermaphroditism of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae). *Mar. Biol.*, 134: 621-629.



- KOLIOS P., KIRITSIS S., KATRIBUSAS N. 1997. Larval-rearing and growout of the red porgy (*Pagrus pagrus*) in the Riopesca hatchery (Greece). *Hydrobiologia*, 358: 321-325.
- LABELLA A., VIDA M., ALONSO M.C., INFANTE C., CÁRDENAS S., LÓPEZ-ROMALDE S., MANCHADO M., BORREGO J.J. 2006. First isolation of *Photobacterium damselae* subsp. *damselae* from cultured redbanded seabream, *Pagrus auriga* Valenciennes, in Spain. *J. Fish Dis.*, 29: 175-179.
- LACUISSE M., PAUL C., MAKRIDIS, CONCEICAO L., CÁRDENAS S., DINIS M.T. 2004. Copepodes e microparticulados como alternativa à *Artemia* spp. na cultivo larvar do *Pagrus pagrus*. En: *Seminar on Aquaculture and New Species*, Funchal, Madeira, Portugal.
- LÓPEZ-JIMENA B., GARCÍA-ROSADO E., INFANTE C., CANO I., MANCHADO M., CASTRO D., BORREGO J.J., ALONSO M.C. 2010. Detection of infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) from asymptomatic redbanded seabream, *Pagrus auriga* Valenciennes, and common seabream, *Pagrus pagrus* (L.) using a non-destructive procedure. *J. Fish Dis.*, 33: 311-319.
- LOZANO I., PLAZUELO A.M., CAÑAVATE J.P., CÁRDENAS S. 2004. Crecimiento con alimento vivo e inerte de larvas de hurta, *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae), en cultivo masivo. En: *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2004* (<http://www.revistaaquatic.com/civa2004>), pp. 446-455.
- Machinandiarena L., Müller M., López A. 2003. Early life stages of development of the red porgy *Pagrus pagrus* (Pisces, Sparidae) in captivity, Argentina. *Invest. Mar., Valparaíso*, 3: 5-13.
- MANCHADO M., PONCE M., ASENSIO E., INFANTE C., DE LA HERRÁN R., RUIZ-REJÓN M., CÁRDENAS S. 2005. PAGURTA, híbrido interespecífico de pargo *Pagrus pagrus* (L. 1758) (hembra) x hurta *Pagrus auriga* Valenciennes, 1843 (macho): caracterización fenotípica y molecular. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21: 219-224.
- MARENCO J.L., MARTÍN N. 2005. Contenido en ácidos grasos en *Pagrus auriga*, *Sparus aurata* y *Plectorhinchus mediterraneus* cultivados en jaulas. Comparación con salvajes y su relación con el pienso utilizado. En: *X Congr. Nac. Acuicult.* Gandía. pp: 40-43.
- MARENCO J.L., MARTÍN N. 2007. Comparación de los perfiles de ácidos grasos y composición bioquímica en huevos y larvas de sargo (*Diplodus sargus* Linneo, 1758) y de bocinegro (*Pagrus pagrus* Linneo, 1758). En: *XI Congr. Nac. Acuicul.* Vigo, pp: 1495-1498.
- MARTÍN N., MARENCO J.L. 2008. Comparación de los perfiles de ácidos grasos y composición bioquímica en huevos y larvas de tres especies de espáridos: hurta (*Pagrus auriga* Valenciennes, 1843), bocinegro (*Pagrus pagrus* Linneo, 1758) y sargo (*Diplodus sargus* Linneo, 1758). En: *IV Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico*. Cartaya, Huelva.
- MARTÍN-ANTONIO A.B. 2009. *Estudio del sistema inmune innato y adaptativo de la urta* (*Pagrus auriga*). Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 165 pp.



- MARTÍN-ANTONIO A.B., JIMÉNEZ-CANTIZANO R.M., SALAS-LEITON E., INFANTE C., MANCHADO M. 2009. Genomic characterization and gene expression analysis of four hepcidin genes in the redbanded seabream (*Pagrus auriga*). *Fish Shellfish Immunol.*, 26: 483-491.
- MATALLANAS J., CARRASSON M., BOIX J., FERNÁNDEZ V. 1993. Occurrence of *Pagrus auriga* Valenciennes, 1843 (Pisces : Sparidae) in the Catalan Sea. *Cybium*, 17 : 79-80.
- MERLO M.A., PACCHIARINI T., SÁNCHEZ-RAMOS I., CHAIRI H., CROSS I., REBORDINOS L. 2007. Caracterización citogenética de Espáridos y Hemúlidos mediante FISH simple y doble. En: *Libro de Resúmenes del XXXVI Congreso de la Sociedad Española de Genética*. León, p. 47.
- MERLO M.A., PACCHIARINI T., CROSS I., MANCHADO M., REBORDINOS L. 2008. Utilización de familias multigénicas para la diferenciación de especies de interés en acuicultura. En: *Libro de Resúmenes del V Seminario de Citogenética*, Cádiz, p. 35.
- MIHELAKAKIS A., TAKAO Y., TSOLKAS, C. 2001. Spawning in captivity and early life history of cultured red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*, 199: 333-352.
- Minos G., Kokokiris L., Kentouri M. 2008. Allometry of external morphology and sexual dimorphism in the red porgy (*Pagrus pagrus*). *Belg. J. Zool.*, 138: 90-94.
- MOYANO F.J., BARROS M.A., PRIETO A., CAÑAVATE J.P., CÁRDENAS S. 2005. Evaluación de la ontogenia de enzimas digestivas en larvas de hurta, *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae). *Revista Aquatic*, 22, 39-47 (<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=187>).
- MUÑOZ J.L., CÁRDENAS S. 2005. La pesca artesanal en el caladero de Conil (Golfo de Cádiz). En: Morales J., Mata AJ., Rodríguez A. y Revilla C.J. (Eds.). *Acuicultura, pesca y marisqueo en el Golfo de Cádiz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Libro CD-ROM. Sevilla, pp: 204-223.
- MUÑOZ J.L., CÁRDENAS S. 2007. Repoblación de hurtas (*Pagrus auriga* Valenciennes, 1843) cultivadas en el Golfo de Cádiz. En: *XI Congr. Nac. Acuicult.* Vigo. pp: 365-368.
- MUÑOZ J.L., BENHAMOU Y., LOZANO I., CÁRDENAS S. 2005. Cultivo de juveniles de hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae) entre 4 y 9 meses de edad. En: *X Congr. Nac. Acuicult.* Gandía, Valencia. pp: 404-405.
- MUÑOZ J.L., MANSILLA O., PADILLA F.J., CÁRDENAS C., VILAPLANA F., CÁRDENAS S. 2008. Malformaciones en juveniles de hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae) procedentes de criadero. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 10: 513-518.
- MYLONAS C.C., PAPADAKI M., PAVLIDIS M., DIVANACH P. 2004. Evaluation of egg production and quality in the Mediterranean red porgy (*Pagrus pagrus*) during two consecutive spawning seasons. *Aquaculture*, 232: 637-649.



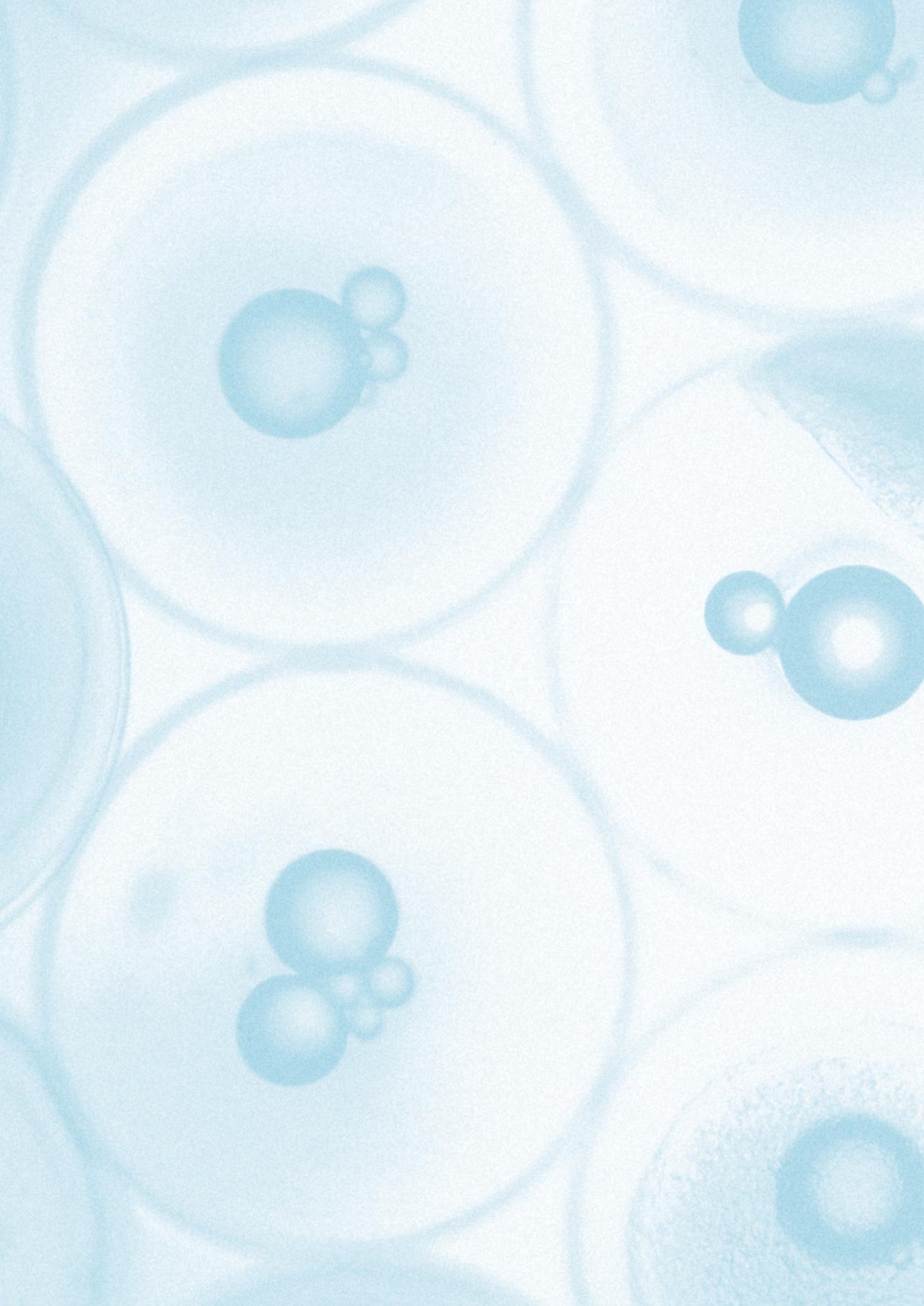
- NAVARRO A., BADILLA R., ZAMORANO M.J., PASAMONTES V., HILDEBRAND S., SÁNCHEZ J.J., AFONSO J.M. 2008. Development of two new microsatellite multiplex PCRs for three sparid species: Gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), red porgy (*Pagrus pagrus* L.) and redbanded seabream (*P. auriga*, Valenciennes, 1843) and their application to paternity studies. *Aquaculture*, 285 : 30-37.
- NEIFAR L., EUZET L., OLIVER G. 2004. *Lamoellodiscus* (Plathelminthes, Monogenea, Diplectanidae) nouveaux parasites branchiaux des poissons marins du genre *Pagrus* (Teleostei, Sparidae). *Zoosystema*, 26: 365-376.
- ORRELL T.M., CARPENTER K.E. 2004. A phylogeny of the fish family Sparidae (porgies) inferred from mitochondrial sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 32: 425-434.
- PADILLA F., MUÑOZ, J.L., CÁRDENAS S. 2005. Engorde de la hurta en jaulas. En: *X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía, Valencia. pp: 360-361.
- PADILLA F., SÁNCHEZ-LAMADRID A., CÁRDENAS S. 2003. Engorde de la hurta en tanques. En: *II Encuentro de Ciencias del Mar y Ambientales (OPAM)*. Cádiz.
- PAJUETO J.G., SOCORRO J., GONZÁLEZ J.A., LORENZO J., PÉREZ-PEÑALVO J.A., MARTÍNEZ I., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M. 2006a. Life history of the red-banded seabream *Pagrus auriga* (Sparidae) from the coasts of the Canarian archipilego. *J. Appl. Ichthyol.*, 22: 430-436.
- PAJUETO J.G., MARTÍNEZ I., GONZÁLEZ J.A., LORENZO J.M., GARCÍA-MEDEROS A., DOMÍNGUEZ-SEOANE R., HERNÁNDEZ-CRUZ C.M. 2006b. Growth pattern and age estimation of the coastal sparid fish *Pagrus auriga* (Sparidae) on the Canary Islands shelf. *Fish. Res.*, 82: 7-13.
- PASAMONTES V., NAVARRO A., ZAMORANO M.J., BADILLA R., GINÉS R., NEGRÍN D., AFONSO J.M. 2007. Caracterización de dos poblaciones de sama roquera (*Pagrus auriga*) usando marcadores microsatélites interespecíficos. En: *XI Congr. Nac. Acuicult.* Vigo. pp: 223-226.
- PASPATIS M., MARKAKIS G., KOUMOUNDOUROS G., KENTOURI M. 1999. Preliminary results on rearing of *Sparus aurata* x *Pagrus pagrus* hybrids. Performance comparison with the parental species. *Aquacult. Int.*, 7: 295-306.
- PÉREZ J.M., CÁRDENAS S., MUÑOZ J.L. 1998. La Pesca Artesanal en el Puerto de Conil. Documento de Trabajo. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 235 pp.
- PONCE M. 2008. *Estudio de la variabilidad genética y de los factores de crecimiento similares a la insulina, IGF-I e IGF-II, en poblaciones cultivadas y salvajes de urta (Pagrus auriga)*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 212 pp.
- PONCE M., INFANTE C., CATANESE G., CÁRDENAS S., MANCHADO M. 2004a. Marcadores moleculares mitocondriales aplicados al cultivo en cautividad de hurta (*Pagrus auriga*). *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 2 (5) (<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020204.html>).



- PONCE M., INFANTE C., CATANESE G., CÁRDENAS S., MANCHADO M. 2004b. Complete mitochondrial DNA nucleotide sequence of the redbanded seabream *Pagrus auriga*. *European Aquaculture Society Especial publication*, 34: 663-664.
- PONCE M., INFANTE C., CRESPO A., ZUASTI E., PÉREZ L., FUNES V., CATANESE G., CÁRDENAS S., MANCHADO M. 2006. Characterization of microsatellite loci for the redbanded seabream, *Pagrus auriga* (Teleostei, Sparidae). *Molecular Ecology Notes*, 2: 527-529.
- PONCE M., INFANTE C., MANCHADO M. 2007. Aplicación de microsátélites al estudio de la variabilidad genética de poblaciones cultivadas de urta (*Pagrus auriga*) cultivadas. En: *XI Congr. Nac. Acuicult.* Vigo, pp: 1057- 1060.
- PONCE M., INFANTE C., FUNES V., MANCHADO M. 2008. Molecular characterization and gene expresión análisis of insulin-like growth factor I y II in the redbanded seabream, *Pagrus auriga*: transcriptional regulation by growth hormone. *Comp. Bioch. Phys.*, Part B, 150, 418-426.
- PRIETO A., CAÑAVATE J.P., CÁRDENAS S. 2003. Crecimiento de larvas de hurta (*Pagrus auriga*). En: *Libro de Resúmenes del IX Congr. Nac. Acuicult.* Cádiz, pp: 386-387.
- RADONIC M., LÓPEZ A.V., OKA M., ARISTIZÁBAL E.O. 2005. Effect of the incubation temperature on the embryonic development and hatching time of eggs of the red porgy *Pagrus pagrus* (Linneo, 1758) (Pisces: Sparidae). *Rev. Biol. Mar. Oceanog.*, 40: 91-99.
- SAAVEDRA M., POUSSAO-FERREIRA P. 2006. A preliminary result on the effect of lunar cycles on the spawning behaviour of the gilt-head sea bream, *Sparus aurata*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 4: 899-901.
- SÁNCHEZ-AMAYA M.I., ORTIZ-DELGADO J.B., CÁRDENAS S., SARASQUETE C. 2005. Organogénesis larvaria de la hurta, *Pagrus auriga*: aproximación histológica e histoquímica del tracto digestivo. En: *Libro de Resúmenes del X Congr. Nac. Acuicult.* Gandía, Valencia. pp: 426-427.
- SÁNCHEZ-AMAYA M.I., ORTIZ-DELGADO J.B., GARCÍA-LÓPEZ A., CÁRDENAS S., SARASQUETE C. 2007. Larval ontogeny of redbanded seabream *Pagrus auriga* Valenciennes, 1843 with special reference to the digestive system. A histological and histochemical approach. *Aquaculture*, 263: 259-279.
- SAWADA Y., HATTORI M., SEOKA M., TAKAGI Y., URA K., HAGA Y., KATO K., KUMAI H. 2006. Centrum defects in cultured red sea bream *Pagrus major*: incidence, diagnosis, causality and prevention. En: *Aquac. Eur., 2006.* Firenze, Italy.
- SERGHINI M., BOUTAYEB A., BOUMAAZ A., SRAIRI A., MESFIOUI A., ZOUBI A., DRIDI A. 2008. Stability of spatial structures of demersal assemblage in the moroccan southern atlantic zone. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6: 117-127.
- SHIELDS R.J. 2001. Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture*, 200: 55-88.

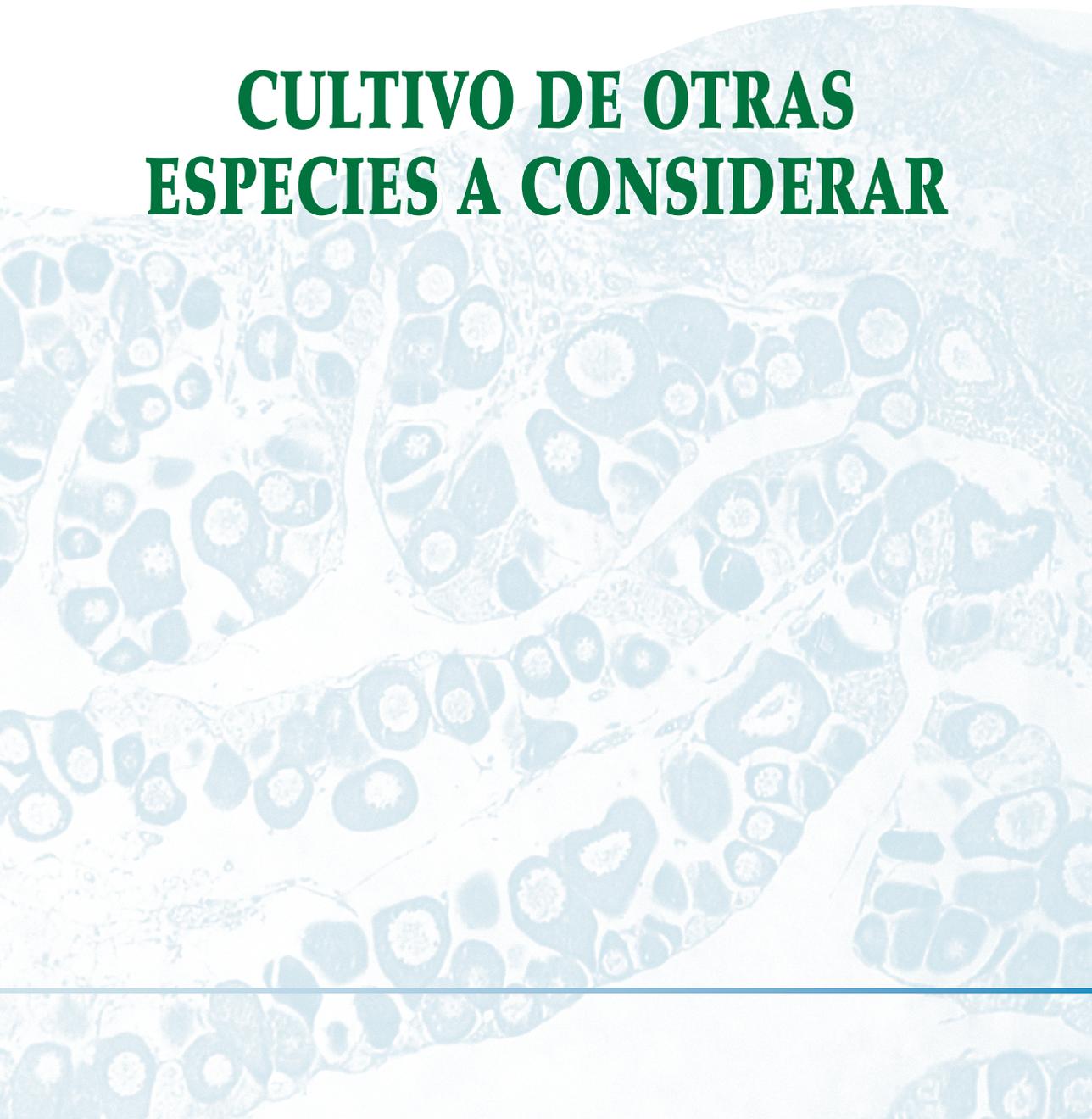


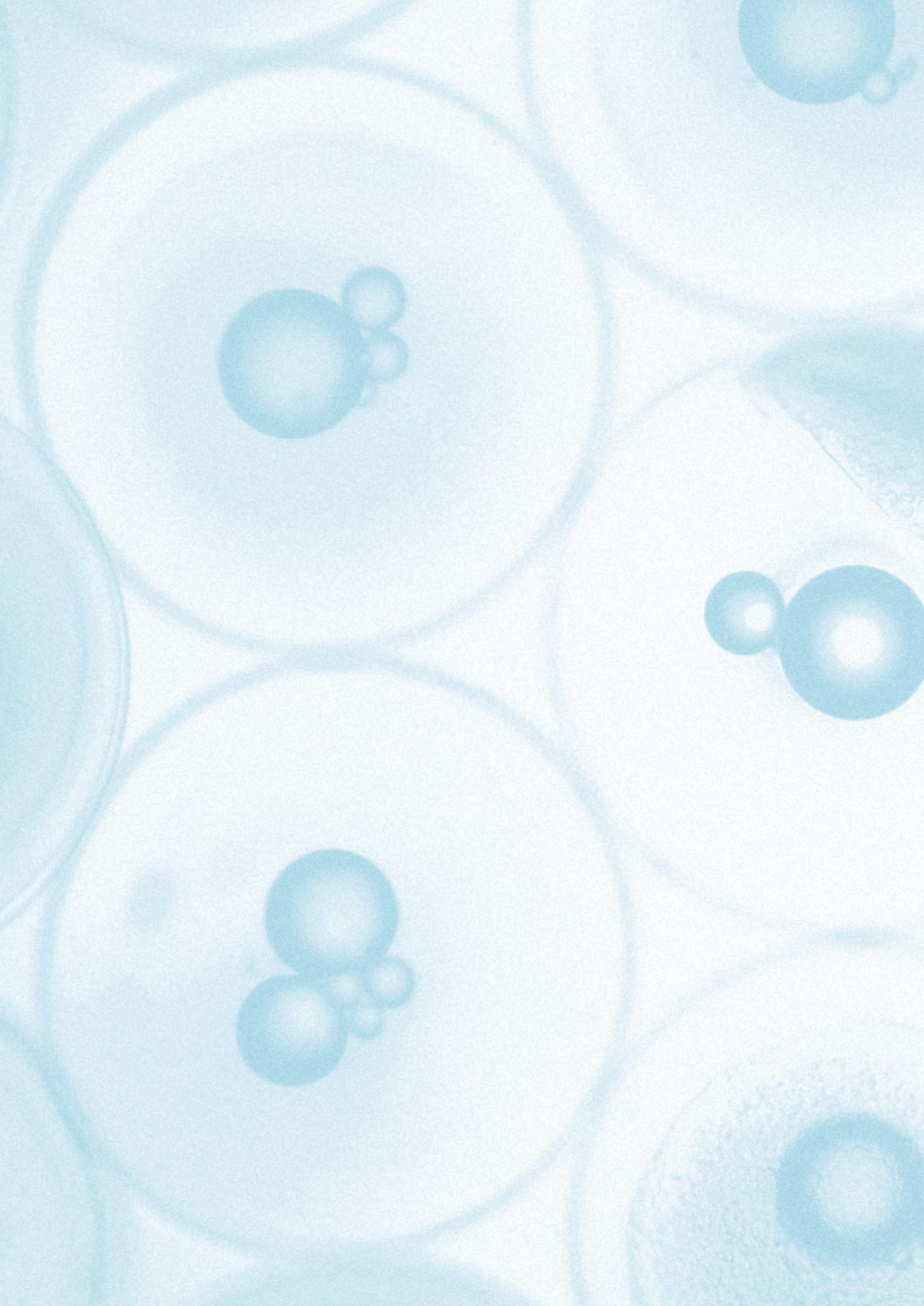
- SILVA L., GIL J., SOBRINO I. 2002. Definition of fleet components in the Spanish artisanal fishery of the Gulf of Cádiz (SW Spain ICES division Ixa). *Fish Res.*, 1367: 1-12.
- SORIGUER F., SERNA S., VALVERDE E., HERNANDO J., MARTÍN-REYES A., SORIGUER M., PAREJA A., TINAHONES F., ESTEVA I. 1997. Lipid, protein, and calorie of different Atlantic and Mediterranean fish, shellfish, and molluscs commonly eaten in the south of Spain. *European Journal of Epidemiology*, 13: 451-463.
- STEPHANOU D., GEORGIU G., SHOUKRI E. 1995. Reproduction and larval rearing of the common sea bream (*Pagrus pagrus*), an experimental culture. *Options Méditerranéennes*, 16: 65-78.
- VIEGAS C.S.B., GAVAIA P.J., ORTIZ-DELGADO J.B., SARASQUETE C., CANCELA M.L. 2004. Gla proteins as markers for studies of skeletal development and malformations in new aquaculture fish species (*Pagrus auriga*, *Diplodus sargus* and *Scophthalmus maximus*). En: *XIV Congresso Nacional de Bioquímica*, Vila-moura, Portugal.
- VITTURI R., MAZZOLA A., CATALANO E., LO-CONTE M.R. 1992. Karyotype of four Mediterranean sparid fish (Pisces, Perciformes) using conventional and banding techniques. *Cytobios*, 72: 107-115.
- WATANABE T., LEE M.J., MIZUTANI J., YAMADA T., SATOH S., TAKEUCHI T., YOSHIDA N., KITADA T., ARAKAWA T. 1991a. Nutritional studies in the seed production of fish. 20. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red seabream *Pagrus major* eggs. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 57: 681-694.
- WATANABE T., FUJIMURA T., LEE M.J., FUKUSHO K., SATOH S., TAKEUCHI T. 1991b. Nutritional studies in the seed production of fish. 21. Effect of polar and non-polar lipids from krill on quality of eggs of red seabream *Pagrus major*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 57: 695-698.



12

CULTIVO DE OTRAS ESPECIES A CONSIDERAR





CULTIVO DE OTRAS ESPECIES A CONSIDERAR

Ignacio Arnal Atarés

Subdirección General de Investigación.
Instituto Español de Oceanografía

Resumen

En este capítulo se recoge información general sobre otras especies que, por estar el desarrollo de su cultivo menos avanzado, no han sido tratadas de forma detallada en otros capítulos de este libro, aunque puedan ser de interés a más largo plazo. El grupo de especies consideradas es muy heterogéneo e incluye los mugílidos (especialmente el *Mugil cephalus*), los sargos picudo (*Diplodus puntazzo*) y común (*Diplodus sargus sargus*), el rémol, rombo o parracho (*Scophthalmus rhombus*), la acedía (*Dicologlossa cuneata*), los salmonetes de fango (*Mullus barbatus*) y de roca (*M. surmuletus*), la llampuga o dorado (*Coryphaena hippurus*) y la cobia (*Rachycentron canadum*). De todos ellos se describen sus características biológicas más interesantes de cara a su cultivo, y un resumen de los trabajos de investigación que se han llevado a cabo para desarrollar las técnicas de su cultivo.

Palabras clave: diversificación, piscicultura marina, mugílidos, sargo picudo, sargo común, rémol, rombo, parracho, acedía, salmonete, llampuga, dorado, cobia, *Mugil*, *Diplodus*, *Scophthalmus*, *Dicologlossa*, *Mullus*, *Coryphaena*, *Rachycentron*

Abstract

This Chapter describes information about other species, not included in previous Chapters, whose cultivation could be interesting for the future. Spe-



*cies group considered is heterogeneous and following species are included: mullets (specially *Mugil cephalus*), sharpnout seabream (*Diplodus puntazzo*) and white seabream (*Diplodus sargus sargus*), brill (*Scophthalmus rhombus*), wedge sole (*Dicologlossa cuneata*), red mullets (*Mullus barbatus* and *M. surmuletus*), common dolphin (*Coryphaena hippurus*) and cobia (*Rachycentron canadum*). Interesting biological characteristics concerning to their potential cultivation and short reviews on research works carried out on their culture techniques are described.*

Key words: *fish farming, diversification, mullets, sharpnout seabream, white seabream, brill, wedge sole, red mullet, common dolphinfish, mahi-mahi, cobia, Mugil, Diplodus, Scophthalmus, Dicologlossa, Mullus, Coryphaena, Rachycentron*

12.1. INTRODUCCIÓN

Además de las especies sobre las que se ha tratado en anteriores capítulos de este libro, los grupos de investigación que trabajan en el desarrollo de técnicas de cultivo para la puesta en producción de especies de peces nuevas para la acuicultura marina, han dirigido sus esfuerzos hacia otras especies cuyo cultivo, por diferentes causas, no está tan desarrollado. El desarrollo del cultivo de estas especies hay que enmarcarlo en el conjunto del desarrollo de la piscicultura marina europea, que ha tenido dos ejes principales de crecimiento desde que se inició su desarrollo a gran escala al inicio de la década de los setenta del s. xx: el cultivo del salmón atlántico (*Salmo salar*), en aguas frías del norte de Europa, y el cultivo de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*) en las aguas más cálidas del sur, especialmente del mediterráneo. A estos dos núcleos de crecimiento se podría añadir uno de menor impacto, en lo que a producción se refiere: el cultivo del rodaballo (*Psetta maxima*). Esta especie, por sus especiales hábitos de vida requiere sistemas de cultivo diferentes y constituye un modelo para el cultivo de peces planos.

En términos generales puede afirmarse que las fuerzas que empujan el desarrollo de técnicas de cultivo de nuevas especies son de tres tipos: la necesidad de adaptarse a las condiciones ambientales de distintos



lugares (especialmente la temperatura del agua), la voluntad de diversificar riesgos (evitando la dependencia de una sola especie) y el deseo de adaptarse a las demandas de los consumidores (Suquet *et al.*, 2009).

Hay que considerar sin embargo, que el modelo de desarrollo de la piscicultura está cambiando en los últimos años. Si, como se decía antes, el desarrollo de la piscicultura marina se inició con un modelo de gestión orientada a la producción (producir cuantos más peces mejor y al menor precio posible), desde hace ya algunos años las empresas se plantean estrategias de marketing para su crecimiento, de forma que más que aumentar la producción de las especies ya cultivadas o de otras «nuevas» que compitan con las anteriores, se proponen aumentar el número de consumidores atrayéndolos con nuevos productos (especies o presentaciones) que no encuentran hoy en el mercado. En caso contrario, las nuevas producciones entrarían en competencia con las producciones ya existentes, lo que originaría una lucha por un mercado que, en algunos casos, se considera ya cubierto. En el marco de esta estrategia, la selección de especies cuyo cultivo se propone desarrollar pasa a ser una tarea que excede del simple desarrollo de técnicas de cultivo, pues deben ser los departamentos de marketing, con sus estudios de mercado, los que identifiquen las demandas insatisfechas de los consumidores y propongan a los departamentos de I+D los productos a desarrollar para valorar la factibilidad técnica de su producción (Papageorgiu, 2000). Estos planteamientos, surgidos inicialmente con el espectacular desarrollo del cultivo del salmón atlántico, también se consideran de aplicación en la actualidad para el crecimiento de las producciones de dorada y lubina en el Mediterráneo (Stephanis, 1996).

Así pues, uno de los factores clave que anime a los centros de investigación a desarrollar el cultivo de nuevas especies debe ser el comercial, seleccionando en primer lugar aquellas especies que tienen un amplio mercado local, nacional o regional, pues aún no se ha planteado el caso de que en España se aborde el cultivo de una especie de las que se denominan «con mercado global» (como puede ser el salmón atlántico, la tilapia o el «panga»). También es cierto que entre las especies candidatas, y en las condiciones de la producción en las costas españolas, sería muy difícil hallar una especie y un sistema de cultivo que permitiera competir en un mercado global, por lo que los

esfuerzos se concentran, como se ha indicado antes, en especies con posibilidades comerciales locales o regionales.

Dentro de este contexto, se agrupan en este capítulo una serie de especies cuyo cultivo, desarrollado exclusivamente a escala experimental, ha sido estudiado por grupos de investigación españoles, o pueden ser de interés para ellos. Estas especies son las siguientes:

- Mugílidos (*Mugil cephalus*)
- Sargo picudo (*Diplodus puntazzo*)
- Sargo (*Diplodus sargus sargus*)
- Rémol o parracho (*Scophthalmus rhombus*)
- Acedía (*Dicoglossa cuneata*)
- Salmonete de fango (*Mullus barbatus*) y de roca (*M. surmuletus*)
- Llampuga o dorado (*Coryphaena hippurus*)
- Cobia (*Rachycentron canadum*)

12.1.1. Múgiles, mújoles o mugílidos

Dentro del grupo de los múgiles (Perciformes, Mugilidae) es frecuente encontrar en España cinco especies diferentes que, en algunos lugares, son claramente diferenciadas comercialmente y en otros no tanto. Estas especies son las siguientes:

Nombre común (Crespo y Ponce, 2003)	Nombre científico (www.fishbase.org)
Galúa	<i>Liza saliens</i> (Risso, 1810)
Galupe	<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)
Lisa o liza	<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)
Morragute	<i>Liza ramada</i> (Risso, 1827)
Pardete	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758

Entre éstas, la especie de mayor tamaño y con mayor potencial comercial es el pardete (*M. cephalus*), y es a la que se refieren los datos que se dan a continuación.

El pardete es un pez bentopelágico, catadromo, muy euritermo y eurihalino, capaz de vivir tanto en agua dulce como en lagunas hipersalinas; aunque se le puede encontrar hasta los 100 m de profundi-



dad, lo normal es que se encuentre entre los 0 y 15 m. Con su gran capacidad de adaptación no debe extrañar que se trate de una especie cosmopolita, que habita aguas tropicales, subtropicales y templadas de todos los mares del planeta. Así, en el Atlántico se le encuentra desde el Canal de la Mancha hasta Sudáfrica (incluyendo el Mediterráneo y el Mar Negro) en su margen oriental, y desde Canadá hasta Brasil, en su margen occidental. También está presente en el Pacífico Oriental (desde California hasta Chile) y en el Occidental (desde Japón a Australia); en el Índico se le encuentra desde la India hasta Sudáfrica.

Es una especie costera que a veces penetra en los estuarios y desembocaduras de los ríos; es frecuente verla formando grupos en zonas de fondos arenosos o fangosos, y se alimentan de organismos bentónicos y detritus orgánicos. En la época de puesta realizan una migración al mar, donde se reproducen y tiene lugar las fases planctónicas de su vida larvaria. Los alevines se acercan pronto a la costa, y es en la zona costera en la que pasan la mayor parte de su vida.

El pardete puede alcanzar una longitud de hasta 1 m, pero no es normal encontrar ejemplares que superen los 60 cm. La talla de primera maduración sexual está alrededor de los 35 cm.

Los mágiles, y especialmente el pardete, han sido cultivados por métodos tradicionales desde muy antiguo. En estos cultivos tradicionales de mágiles se recurría a la captura de juveniles en el medio natural para su engorde en cautividad. Sin embargo, para una acuicultura más intensiva, es imprescindible controlar la producción y el origen de los alevines, por lo que resulta necesario realizar la reproducción controlada en cautividad. Ésta ya fue conseguida con éxito mediante inducción hormonal en la década de los 70 del s. xx (Nash *et al.*, 1974; Shehadeh *et al.*, 1973; Kuo *et al.*, 1973), técnica que, con pocas variaciones, se sigue empleando en la actualidad en algunos lugares como Hawaii, Israel o Egipto. Para obtener la puesta del *M. cephalus* mediante inducción hormonal suelen realizarse 2 o 3 inyecciones de extractos de pituitaria u hormona gonadotropina coriónica humana, separadas unas 12 h, si bien para que sean efectivas es necesario seleccionar hembras cuyo ovario haya alcanzado ya un cierto grado de maduración (ovocitos con más de 500 μ m de diá-



metro). Los machos no necesitan ser inducidos a la espermiación, pues ésta se produce espontáneamente en la época de puesta. Cuando ya se prevé la puesta, se colocan 2 o 3 machos por cada hembra en los tanques de puesta, y ésta suele producirse a las 12-24 h de la última inyección. La fecundidad es elevada (alrededor de 800 000 huevos por kg de hembra) y los huevos miden unas 900 μm de diámetro. La incubación dura 50-60 h (a temperaturas entre 22 y 24 $^{\circ}\text{C}$) y las larvas son alimentadas con presas vivas (rotíferos + *Artemia*), siguiendo la pauta general empleada en los criaderos de peces marinos.

El preengorde de los alevines puede hacerse por métodos semi-extensivos en estanques no muy grandes, previamente fertilizados con abonos, en los que se puede suplementar la alimentación añadiendo salvado de arroz o trigo. Cuando los alevines alcanzan los 10-15 g de peso, pueden ser ya utilizados para el engorde en estanques de mayor superficie.

El engorde suele realizarse en sistemas extensivos o semi-extensivos, siendo frecuente realizarlo mediante policultivo, engordando a los mújiles conjuntamente con otras especies herbívoras, como la tilapia o la carpa herbívora. Este tipo de engorde se lleva a cabo en estanques de gran superficie en los que se ha estimulado la producción primaria antes de la siembra de alevines, de forma que al principio del engorde la alimentación es natural. Sin embargo, cuando los peces ya han alcanzado cierto tamaño, es frecuente suplementar la alimentación con salvados o residuos de molienda de cereales, y también con piensos granulados que se formulan según las necesidades del cultivo. Mediante este sistema, en condiciones idóneas de temperatura y con periodos de engorde de unos 8 meses, los mújiles pueden alcanzar 1,5 kg de peso unitario y son comercializados. En los policultivos se obtienen producciones de 20-30 t/ha en cada ciclo de producción (de unos 8 meses), de las que el mújil suele representar el 10-20% de la producción (http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/es).

En España hay un sistema de engorde tradicional en los esteros de las salinas de la región suratlántica, especialmente de Cádiz (Arias y Drake, 1993). Los alevines de las diversas especies de mújil (no sólo de *M. cephalus*) entran por las compuertas de las salinas en primavera hacia los esteros. Después se impide la salida de peces y éstos perma-



necen en los esteros hasta el invierno, época en que se realizan los despesques de los esteros bajando su nivel de agua y concentrando los peces en las zonas de despesque. Los mújiles obtenidos por este sistema tienen una gran calidad y son muy valorados en las zonas próximas a las salinas.

Teniendo en cuenta que los mújiles son especies herbívoras u omnívoras, existe un gran interés, al menos teórico, en el desarrollo de su cultivo, pues se trataría de un cultivo mucho más sostenible que las actuales producciones industriales de la piscicultura marina. Para ello sería necesario adaptar las técnicas de obtención de alevines que ya se aplican en otros países, tarea que parece tener alguna dificultad (Amezcuca *et al.*, 2009), además de diseñar los alimentos, mayoritariamente de origen vegetal, adecuados a los requerimientos de estas especies.

El mayor problema (y reto) que presenta el cultivo de los mújiles no es técnico, sino de aseguramiento de la calidad para el consumidor. Los mújiles son peces ampliamente distribuidos, pero muy capaces de vivir en zonas de aguas sucias (como pueden ser los puertos o los puntos de desagüe de emisarios de aguas urbanas); los mújiles que viven en aguas sucias adquieren mal sabor, sin que externamente se distingan de los ejemplares capturados o criados en aguas limpias, por lo que los consumidores, a veces escarmentados con alguna experiencia desagradable, son reticentes a su consumo. Buena prueba de ello es que aquellas producciones en las que de algún modo se asegura el origen de los mújiles (por ejemplo los de esteros de salinas o los del Mar Menor), éstos alcanzan un buen valor comercial en los puntos de venta reconocidos. Cualquier intento de desarrollar el cultivo del mújil deberá estudiar cuidadosamente la forma de asegurar la calidad al consumidor, mediante marcas o denominaciones de origen, de forma que el consumidor tenga garantías de adquirir el producto que desea. Este problema se viene señalando ya desde hace tiempo (Arnal, 1982) sin que hasta ahora se haya obtenido una solución satisfactoria.

12.1.2. Sargo picudo

El sargo picudo [*Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792) (Perciformes, Sparidae)] es un espárido bien apreciado por los consumidores, espe-



cialmente en el Mediterráneo, donde sus capturas pueden alcanzar precios incluso superiores a los de la dorada. Presenta una coloración plateada, con llamativas franjas verticales oscuras y un anillo oscuro sobre el pedúnculo caudal, se caracteriza sobre todo por su hocico picudo, de donde le viene el nombre, mucho más prolongado que el resto de los espáridos.

Su tamaño también es similar al de la dorada, y aunque se han registrado ejemplares de hasta 60 cm, lo normal es encontrarlos de hasta 30. El sargo picudo está distribuido por el Atlántico Oriental, desde el Golfo de Vizcaya hasta Sierra Leona, incluyendo los mares Mediterráneo y Negro, y los archipiélagos de Canarias y Cabo Verde.

Es una especie bento-pelágica, oceanodroma, de hábitos gregarios, que vive en aguas costeras de fondos rocosos o arenosos, normalmente entre la superficie y los 60 m de profundidad, aunque más raramente puede encontrarse hasta los 100 m. Los ejemplares jóvenes se acercan más a la costa y pueden vivir en aguas salobres, entrando en los estuarios, albuferas y lagunas litorales. Su comportamiento alimentario es principalmente como depredador, capturando ejemplares de la macrofauna. Es una especie hermafrodita permanente, con gónada bisexual, en la que solo un territorio es funcional, aunque se han observado algunos casos de hermafroditismo protándrico. La reproducción en el medio natural tiene lugar en otoño (cuando desciende la temperatura del agua) y sus huevos tienen un diámetro de 0,85 mm; las larvas al nacer miden 1,7 mm. (www.fish-base.org; Micale *et al.*, 1996).

El cultivo de sargo picudo se intentó, con diferente grado de éxito, en varios países del Mediterráneo en las décadas de los 80-90 del s. xx (Abellán y Basurco, 1999) y en la actualidad es quizás el espárido que tiene las mejores perspectivas para ser incorporado a la piscicultura marina a escala industrial (Bodington, 2000). Tiene un tipo de carne similar a la dorada y en estudios de aceptación por los consumidores de ejemplares cultivados ha dado valores similares a los de esa especie (Hernández Llorente *et al.*, 2001).

Las técnicas de producción de alevines son semejantes a las empleadas por el sector para la dorada o la lubina, si bien hay que tener en cuenta el carácter de hermafrodita secuencial del sargo picudo a la



hora de diseñar la obtención de puestas; la incubación y el cultivo larvario siguen el mismo patrón que con la dorada (Georgiou y Stephanou, 1995; Marangos, 1995). El engorde se realiza en jaulas flotantes, utilizándose muchas veces el mismo pienso que se fabrica para la dorada, con el que se obtienen valores de calidad adecuados para paneles de consumidores (Abellán *et al.*, 1994; Abellán y García-Alcázar, 1995; Hernández *et al.*, 2005). Su máxima producción anual en el Mediterráneo se alcanzó a finales de los 90 (10 millones de alevines y 2 500 t de pescado), aunque desde entonces ha descendido a la mitad (5 millones de alevines y 1 200 t de pescado) (Suquet *et al.*, 2009). Con estas producciones resulta evidente que no existen grandes problemas técnicos para su producción, si se exceptúa la necesidad de mejorar su alimentación, ya que los piensos compuestos para esta especie podrían ser afinados y mejorar su rendimiento y sostenibilidad, al ser una especie parcialmente herbívora; ello permitiría la sustitución de harinas y aceites de pescado por materias primas de origen vegetal, por ejemplo harina de soja, sin mermas notables de calidad, aunque con una ligera disminución de la tasa de crecimiento (Pastor *et al.*, 2001).

En lo que se refiere a aspectos del mercado, en general es una especie bien valorada, aunque no tan ampliamente como la dorada o la lubina, pues Pastor *et al.* (2000) indican que en las islas Baleares el sargo picudo no goza de una alta apreciación. La existencia de estas diferencias locales o regionales otorgan gran importancia a los estudios de mercado y a las estrategias para la comercialización de esta especie.

12.1.3. Sargo

El sargo [*Diplodus sargus sargus*, (Linnaeus 1758), Perciformes, Sparidae] presenta una coloración gris claro con reflejos plateados y tiene todo el cuerpo marcado por líneas longitudinales oscuras, más o menos visibles, y bandas verticales más oscuras; tiene también una mancha negra en el pedúnculo caudal.

Aunque se cita algún ejemplar de 45 cm, lo más frecuente es que no exceda de 20-25 cm. Está distribuido por el Atlántico Oriental, entre las latitudes 48°N y 36°S, incluyendo el mar Mediterráneo, el



mar Negro y el archipiélago de Madeira. Es una especie muy valorada por los pescadores deportivos.

Es un pez demersal, oceanodromo, que habita aguas marinas y salobres, hasta los 50 m de profundidad, en zonas costeras rocosas o arrecifes, así como en praderas de *Posidonia*. Es omnívoro y se alimenta de algas y otros invertebrados que captura en el sedimento o en las rocas, especialmente erizos, gusanos, gasterópodos, bivalvos, cefalópodos y anfípodos.

Presenta sexos separados o hermafroditismo proterándrico, habiéndose observado también el desarrollo de los dos sexos partiendo de juveniles hermafroditas. Alcanza la madurez sexual a los 2 años y se reproduce en invierno.

Las técnicas de producción de alevines de sargo en cautividad están más o menos desarrolladas (Divanach y Kentouri, 2000), partiendo de las técnicas empleadas habitualmente en el cultivo de la dorada con resultados aceptables (Divanach *et al.*, 1998). En lo que se refiere al engorde, sin embargo, los resultados obtenidos no han sido tan buenos, pues ha mostrado un crecimiento lento, tardando en alcanzar un tamaño comercial de dos a tres años (Cejas *et al.*, 1993; Abellán y Basurco, 1999; Ozorio *et al.*, 2006; Sá *et al.*, 2007; Suquet *et al.*, 2009). Este lento crecimiento, y el no tener una valoración en el mercado superior a otros espáridos, hace problemático que se desarrolle su cultivo.

12.1.4. Rémol

El rémol [*Scophthalmus rhombus* (Linnaeus, 1758); Pleuronectiformes, Scophthalmidae], denominado también coruxo en Galicia o parracho en Andalucía, es muy parecido al rodaballo (*Psetta maxima*). Es un pez plano del que se cita una longitud máxima de 75 cm, aunque lo más común es encontrar ejemplares de 30-40 cm. Está presente en el Atlántico Oriental, desde el Mar del Norte hasta Marruecos, y se le encuentra también en el Mar Mediterráneo y en el Mar Negro (www.fishbase.org).

Habita fondos arenosos o arenoso-fangosos y, como depredador, se alimenta capturando organismos vivos (principalmente peces y crustáceos).



Es una especie bien valorada comercialmente, aunque quizás un poco menos que el rodaballo.

Los trabajos para desarrollar su cultivo se iniciaron en la década de los 70 del s. xx, en Escocia, conjuntamente con el rodaballo (Jones, 1972). En el transcurso del tiempo el rodaballo se mostró como una especie de mayor interés para la industria, especialmente por tener un valor comercial más alto, y los trabajos se centraron en esta especie, quedando el cultivo del rémol un tanto olvidado. Posteriormente, la posibilidad de su cultivo ha sido planteada de nuevo por ser una especie que tolera temperaturas más elevadas que el rodaballo, lo que permitiría ampliar el área de su cultivo hacia el sur, incluyendo el litoral suratlántico español. Precisamente en este litoral se iniciaron investigaciones para relanzar los estudios sobre la posibilidad del cultivo de esta especie (Hachero *et al.*, 2005). Estos trabajos están coincidiendo en el tiempo con los llevados a cabo en Turquía por Basaran *et al.* (2008). La aproximación de ambos grupos es diferente, pues mientras en centro del CICEM «Aguas del Pino» (Cartaya, Huelva) la obtención de puestas se platea mediante maduración espontánea y realización de presiones abdominales sincronizadas con los ciclos de ovulación de las hembras, en Turquía se propone la inducción a la ovulación con LHRHa de forma similar a como se realiza con el rodaballo. En ambos casos se han obtenido huevos fecundados y se ha realizado el cultivo larvario con la misma pauta que la que se aplica en el cultivo del rodaballo, y, aunque se han obtenido alevines, se constata la necesidad de seguir perfeccionando la técnica para aumentar la supervivencia y evitar malformaciones y anomalías en la pigmentación.

En el caso del centro de Huelva, tras lograr la cría en cautividad de la especie en 2005, se han realizado sueltas de juveniles para repoblación. (<http://www.fundacionoesa.es/noticias/acuicultura-espana-la-junta-lleva-a-cabo-la-sexta-repoblacion-de-peces-planos-en-el-arrecife-artificial-de-el-rompido-huelva>).

Dada la similitud de esta especie con el rodaballo, el mayor interés de cultivar el rémol estaría, además de poder utilizarlo para repoblación, en obtener producciones en zonas más cálidas, eso sí, compitiendo en el mercado con el rodaballo.



12.1.5. Acedía

La acedía [*Dicologlossa cuneata* (Moreau, 1881); Pleuronectiformes, Soleidae] es una especie demersal, eurihalina, a la que se encuentra desde las aguas más costeras hasta los 450 m de profundidad, aunque lo más frecuente es que no se encuentre por debajo de los 100-150 m. Su área de distribución abarca el Atlántico Oriental, desde el Golfo de Vizcaya hasta Sudáfrica, incluyendo el Mediterráneo (www.fishbase.org).

Aunque la máxima longitud que se cita es de 30 cm, lo normal es encontrar ejemplares entre 13 y 25 cm, alcanzando la primera madurez sexual en torno a los 15 cm (talla mínima legal en Andalucía) (Jiménez *et al.*, 1998).

Vive generalmente en fondos arenosos o arenoso-fangosos, y es una especie depredadora, carnívora, que se alimenta capturando fauna del fondo, especialmente gusanos, moluscos y crustáceos.

Es una especie muy valorada en Andalucía, donde es capturada entre las desembocaduras del Guadiana y el Guadalquivir, área que constituye un hábitat importante para la puesta y cría de esta especie en España (Silva *et al.*, 2003).

En Andalucía se consume generalmente frito y su carne es magra, blanca y de sabor muy valorado. Como otros peces planos, es fácil de limpiar de sus espinas para obtener los cuatro filetes (lomos) pero, dadas las tallas capturadas, los filetes son pequeños.

Por la importancia pesquera y el valor gastronómico de esta especie en el litoral sur-atlántico, no es de extrañar que las investigaciones para el desarrollo del cultivo de esta especie se hayan desarrollado principalmente el Centro CICEM «Aguas del Pino», de la Junta de Andalucía. Aplicando técnicas similares a las empleadas para el cultivo del lenguado senegalés, los investigadores han comprobado que esta especie se adapta bien a la cautividad, reproduciéndose en cautividad incluso más fácilmente que el lenguado, pero su crecimiento es lento. La larva al nacer mide 2,3 mm y es alimentada con rotíferos y *Artemia* enriquecidos. El «destete» de las larvas se inicia a los 30 días de vida, y en las dos semanas que dura no presenta grandes dificultades, obteniéndose una supervivencia en la fase larvaria del orden del 16%. Por



ello puede concluirse que no existen especiales dificultades técnicas para la producción de alevines, aunque no así para su engorde, pues la obtención de tallas comercializables (unos 40 g/u) tardaría 18-20 meses (Herrera *et al.*, 2005; Junta de Andalucía, 2007; Herrera y Hachero, 2010), además de la aparición de algunos problemas de patologías y manejo (Herrera *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2010). También se ha observado una relación inversa entre la tasa de supervivencia y la densidad de cultivo en el engorde de alevines de esta especie, aunque esta relación se cita con ciertas reservas como datos preliminares pendientes de confirmación (Roca E. de la *et al.*, 2009).

Sin embargo, las mayores dificultades pueden aparecer precisamente desde el punto de vista comercial: es una especie muy valorada en Andalucía, pero apenas conocida fuera de esa Comunidad Autónoma, por lo que la demanda es muy local. Además, la oferta actual, basada en ejemplares procedentes de la pesca, está formada principalmente por ejemplares de 35-40 g de peso unitario, tamaño muy inferior al que se ha calculado como adecuado para la producción acuícola: un mínimo de unos 80 g. Este reducido tamaño del producto final también podría suponer un inconveniente para la obtención de una buena rentabilidad del cultivo, ya que la repercusión del coste de los alevines sobre el producto final sería mucho más elevada que para otras especies.

12.1.6. Llampuga, lampuga o dorado

La llampuga, lampuga o dorado [*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758; Perciformes, Coryphaenidae] es un pez pelágico, nerítico, oceanodromo, al que se suele encontrar entre la superficie y los 10 m de profundidad, aunque a veces esté a más de 50 m. Su área de distribución abarca las zonas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, y es una especie migratoria. Forma cardúmenes y tiene la costumbre de agruparse bajo objetos flotantes, comportamiento que se aprovecha para su captura. Puede alcanzar los 2 m de talla, pero lo normal es capturar ejemplares de hasta 1 m.

El cultivo de la llampuga se desarrolló inicialmente en Carolina del Norte (Hassler y Hogarth, 1977) y Hawai, donde existe una industria



establecida basada en el cultivo de esta especie, denominada localmente mahi-mahi. La producción de alevines en cautividad se lleva a cabo con las técnicas habituales de alimentación larvaria con presas vivas, si bien tomando especial consideración al hecho de que se trata de una especie de rápido crecimiento y muy voraz, por lo que la alimentación es un factor muy crítico, produciéndose a veces serios problemas de canibalismo (Kim *et al.*, 1993; Kraul, 1993). El engorde se realiza en jaulas flotantes y en él se pone de manifiesto la elevada tasa de crecimiento de esta especie, pues alcanza los 5 kg tras 9 meses de cultivo (Benetti *et al.*, 1995), calculándose una tasa de crecimiento del 10% diario durante los tres primeros meses de vida, y del 5% a partir de los tres meses. En aguas hawaianas alcanzan la madurez sexual a los 9-12 meses de vida y la puesta tiene lugar prácticamente durante todo el año, liberando cada hembra unos 100 000 huevos por puesta, puestas que pueden repetirse cada dos días durante un largo periodo de tiempo.

A partir de las técnicas desarrolladas en Estados Unidos, se propuso su cultivo en el Mediterráneo y se realizaron diversas pruebas e investigaciones en Túnez, Malta y España (Abellán y Basurco, 1999). Las experiencias españolas se llevaron a cabo en Mallorca, en la Estación de Acuicultura de Andraitx, y aunque obtuvieron resultados técnicos aceptables en la producción de alevines, al final terminaron abandonando el cultivo de la llampuga debido al bajo precio que esta especie tenía en el mercado local (Pastor *et al.*, 2000).

12.1.7. Salmonetes de fango y de roca

Las dos especies se salmonete, el de fango [*Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) Perciformes, Mullidae] y el de roca [*Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758)], son especies demersales, distribuidas por el Atlántico Oriental, desde las aguas británicas hasta Senegal, habitando las aguas costeras hasta unos 100-200 m de profundidad.

Se diferencian fundamentalmente en el tipo de fondo en el que viven: el salmonete de fango se encuentra generalmente en fondos blandos, arenosos o fangosos, mientras que al salmonete de roca vive sobre sustratos más duros, pedregosos o rocosos. Ambas especies son depredadoras, alimentándose capturando pequeños anima-



les de los fondos (principalmente gusanos, artrópodos y moluscos). Se diferencian también en el tamaño, pues en el caso salmonete de fango, aunque se ha citado algún ejemplar de 30 cm. lo normal es que no supere los 20, alcanzando la primera madurez sexual en torno a los 11 cm. El salmonete de roca alcanza mayor tamaño, habiéndose capturado algún ejemplar de 40 cm, si bien lo normal es que no superen los 25. La talla de primera madurez sexual es de unos 16 cm (www.fishbase.org; Hureau, 1986; Morales Nin, 1991; González y Lorenzo, 1993; Olaso y Rodríguez-Marín, 1995; Reñones *et al.*, 1995).

Estudios preliminares sobre la reproducción del salmonete de roca con vistas a su cultivo muestran que se reproduce en primavera y tiene una fecundidad relativa alta, del orden de 1,5 a 2 millones de ovocitos por kg de hembra (Villoch *et al.*, 2005; Jiménez Tenorio *et al.*, 2007). Las investigaciones sobre su cultivo no han tenido una continuidad suficiente, señalándose que los salmonetes son peces muy poco resistentes al manejo, lo que hace muy difíciles las operaciones de manejo normales en el proceso del cultivo. A pesar de ello se han realizado algunas experiencias de cultivo, pero los resultados obtenidos no son muy alentadores (Menu y Girin, 1978; Devauchelle, 1983); Suquet y Person-le-Ruyet (2001) citan que aunque podrían obtenerse buenos resultados en la obtención de puesta, y razonablemente buenos en el cultivo larvario, serían necesarios casi dos años de cultivo para obtener un peso unitario de 100 g especialmente a lo que cultivo larvario se refiere.

En cualquier caso, ambas son especies con una excelente valoración del mercado en toda Europa y, por razón de su mayor tamaño, el salmonete de roca tendría mayor interés para su cultivo.

12.1.8. Cobia

El «cobia» (*Rachycentron canadum*, Perciformes, Rachycentridae) es un pez de aguas cálidas, de amplia distribución geográfica, pues se encuentra en prácticamente todos los océanos del mundo, a excepción del Pacífico Oriental. En los últimos años se habla de esta especie como una posible nueva especie de mercado global; así Benetti *et al.* (2009) afirman que «debido a su extraordinaria tasa de crecimiento y su adaptabilidad general a la acuicultura, la cobia es una de las espe-



*cies que muestran mayor potencial para su producción comercial. ... En los mercados internacionales, mientras tanto, genera buena demanda y firmes precios». Y no solo en América, pues B. Myrseth, Consejero Delegado de Marine Farms, en declaraciones al periódico *The Guardian* (guardian.co.uk, Wednesday 5 May 2010 20.06) afirmaba bajo el titular: «¿Un nuevo bacalao? El cobia, un pez tropical de rápido crecimiento podría sustituir a especies en declive», que «Esta especie tiene un alto contenido en grasas, su carne es blanca, crece tres veces más rápido que el salmón, y podría ser el siguiente especie de pez de gran talla cultivado».*

Las especiales características de esta especie que suscita tantas expectativas son la siguientes:

- Es un pez de gran tamaño y que puede alcanzar normalmente hasta 1,3 m de talla, aunque se han registrado ejemplares de hasta 2 m y 68 kg de peso.
- Se trata de un pescado blanco, de sabor agradable, composición saludable, y que, al poder alcanzar grandes tallas, permite su fileteado para facilitar su comercialización o transformación.
- Dadas sus características organolépticas es un pescado que permite su comercialización, en fresco, congelado o transformado, en cualquier parte del mundo (mercado global).
- Además, su domesticación está prácticamente conseguida, aunque como es lógico, y dada su reciente incorporación a la producción a escala industrial, aún deben esperarse problemas técnicos para perfeccionar las técnicas de producción.

En lo que se refiere a su cultivo puede decirse que la reproducción artificial se realizó por primera vez en Taiwan, en 1992, y que la producción de alevines a escala industrial se realiza desde 1997. Los reproductores de cobia realizan la puesta por la noche, y el diámetro de los huevos fecundados es de 1,4 mm (mayores que los de la mayoría de peces marinos cultivados) y, en consonancia, la larva al nacer ya tiene un tamaño relativamente grande: 3,5 mm. Tras ser alimentada con presas vivas, a los 25 días puede alcanzar los 6-7 cm e iniciarse la alimentación con piensos, alcanzando una talla de 9-10 cm a los 45 días de cultivo (Benetti *et al.*, 2008a, 2008b y 2009).



Estos alevines ya pueden ser engordados en jaulas flotantes, o en tanques en recirculación, donde, alimentados con piensos compuestos, pueden alcanzar 1 kg tras 6 meses de engorde, 5-6 kg 6 meses más tarde, y 8-10 kg al segundo año de engorde. En el caso de engorde en jaulas, utilizando piensos granulados húmedos con un 48% de proteína y un 18% de grasa, el índice de conversión es de aproximadamente 1,5. (<http://www.startupbizhub.com/cobia-fish-farm.htm>).

Esta especie todavía no es objeto de cultivo en aguas españolas, pero ante las informaciones y opiniones del sector no puede soslayarse reseñar que esta especie está citada en las costas suratlánticas españolas y, considerando su distribución oceánica en el Atlántico oriental, también podría ser considerada como autóctona de las aguas de las islas Canarias. No obstante, no debe pasarse por alto que, al estar en el límite septentrional de su área de distribución, es posible que las relativamente bajas temperaturas invernales impidieran obtener tasas de crecimiento competitivas con cultivos en otras zonas de aguas más cálidas.

12.2. BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÁN E. y GARCÍA-ALCÁZAR A. 1995. Pregrowout and growout experiences with white sea bream (*Diplodus sargus sargus*, Linnaeus 1758) and sharp-snout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Cah. Options Méditerr.*, 16: 57-63.
- ABELLÁN E., GARCÍA-ALCÁZAR A., ORTEGA A., GARCÍA-ALCÁZAR S. y MARTÍN P. 1994. Cultivos de nuevas especies de espáridos mediterráneos: experiencias de preengorde y engorde del sargo común (*Diplodus sargus sargus*, Linnaeus, 1758) y del sargo picudo (*Diplodus puntazzo*, Cetti, 1777). *Informes técnicos del Instituto Español de Oceanografía*, 148: 11 p.
- ABELLÁN E. y BASURCO B. (Eds.). 1999. Marine finfish species diversification: Current situation and prospects in mediterranean aquaculture. *Options Méditerr. Series B*, 24: 139 p.
- AMEZCUA O., SÁNCHEZ I. y NARANJO J.M. 2009. Estabulación, mantenimiento de stocks de reproductores de mugílidos en tanques (*Chelon labrosus* y *Mugil cephalus*) y primeros ensayos de inducción a la puesta. En *XII Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de resúmenes*. BEAZ D., VILLAROEI M. y CÁRDENAS S. (Eds.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid 2009: 514-515.
- ARIAS A.M. y DRAKE P. 1993. Acuicultura en las salinas de la Bahía de Cádiz. En: *Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción*,



- Castelló Orvay F. (Coord.), Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona 1993: 49-58.
- ARNAL J.I. 1982. *Posibilidades de la acuicultura en el litoral español*. Set Ediciones Artes Gráficas, Madrid 1982: 337 p.
- BASARAN F., FILIZKAN B., BOYACIOGLU H., OZDEN O. y OZKIZILCIK S. 2008 Induced spawning, fertilization rate and hatching rate of brill, *Scophthalmus rhombus*. *J. Appl. Biol. Sci.*, 2(1): 7-21.
- BENETTI D.D., IVERSEN E.S. y OSTROWSKI A.C. 1995. Growth rates of captive dolphin, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii. *Fish. Bull.*, 93: 152-157.
- BENETTI D.D., ORHUN M.R., SARDENBERG B., O'HANLON B., WELCH A., HOENIG R., ZINK I., RIVERA J.A., DENLINGER B., BACCOAT D., PALMER K. y CAVALIN F. 2008a. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquacult. Res.*, 39: 701-711.
- BENETTI D.D., SARDENBERG B., WELCH A., HOENIG R., ORHUN M.R. y ZINK I. 2008b. Intensive larval husbandry and fingerling production of cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 281: 22-27.
- BENETTI D., SARDENBERG B., WELCH A., HOENIG R., NUNES M. y O'HANLON B. 2009. Cultivo de cobia en las Américas y el Caribe. *INFOPECSA Internacional*, 33: 31-36
- BODINGTON P. 2000. Enterprise experiences in the culture of new sparids. *Cah. Options Méditerran.*, 47: 135-139.
- CEJAS J., SAMPER M., JEREZ S., FORÉS R. y VILLAMANDOS J. 1993. Culture prospectives of common Pandora (*Pagellus erythrinus*) and white Sea bream (*Diplodus sargus*): Preliminary growth results in comparison with Sea bream (*Sparus aurata*). En: *Actas del IV Congreso Nacional de Acuicultura*, Centro de Investigaciones Marinas, Pontevedra 1993: 127-132.
- CRESPO J. y PONCE R. 2003. *Nombres vernáculos y científicos de organismos marinos*. Instituto Español de Oceanografía, Madrid 2003. 726 p.
- DEVAUCHELLE N. 1983. Reproduction en captivité du rouget (*Mullus surmuletus*). *Int. Counc. Explor. Sea, Mariculture Committee, C.M.1983/F:17*, 5p.
- DIVANACH P. y KENTOURI M. 2000. Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. *Cah. Options Méditerran.*, 47: 75-87.
- DIVANACH P., PAPANDROULAKIS N. y KENTOURI M. 1998. Bases techniques de l'élevage larvaire de la daurade *Sparus aurata*. *Pisciculture Française*, 134: 61-70.
- GEORGIU G. y STEPHANOU D. 1995. Contribution to the study of maturation and spawning problems of the sharpshout seabream (*Puntazzo puntazzo*). *Cah. Options Méditerran.*, 16: 47-55.
- GONZÁLEZ J.M. y LORENZO J.M. 1993. Período reproductivo y talla de primera madurez sexual del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758), en las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 9: 361-366.
- HACHERO I., HERRERA M., FERRER J.F., MÁRQUEZ J.M., ROSANO M., RODILES A. y NAVAS J.I. 2005. Resultados preliminares sobre la reproducción y el cultivo larvario



- de parracho (*Scophthalmus rhombus* Linneo, 1758). En: *X Congreso Nacional de Acuicultura, Libro de resúmenes, Tomo I*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2005: 492-493.
- HASSLER W.W. y HOGARTH W.T. 1977. The growth and culture of dolphin (*Coryphaena hippurus*) in North Carolina. *Aquaculture*, 12:115-122.
- HERNÁNDEZ M.D., MARTÍNEZ F.J. y GARCÍA B. 2005. Efecto de la utilización de dietas comerciales para dorada en la valoración sensorial del sargo picudo (*Diplodus puntazzo*). En: *X Congreso Nacional de Acuicultura, Libro de resúmenes, Tomo I*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2005: 38-39.
- HERNÁNDEZ LLORENTE M.D., EGEA NICOLÁS M.A., MARTÍNEZ LÓPEZ F.J. y GARCÍA GARCÍA B. 2001. Evaluación de la aceptación del sargo picudo (*Diplodus puntazzo* Cetti 1777) mediante análisis sensorial. En: *VIII Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de resúmenes*. Dirección General de Pesca y Alimentación. Gobierno de Cantabria (Ed.). Santander, 2001: 374-376.
- HERRERA M. y HACHERO I. 2010. *Guía de cría de la acedía*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. [www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servlet/FrontController?action=DownloadS&table=555&element=34449 &field=DOCUMENTO](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servlet/FrontController?action=DownloadS&table=555&element=34449&field=DOCUMENTO)
- HERRERA M., HACHERO I., FERRER J.F., MÁRQUEZ J.M., ROSANO M. y NAVAS J.I. 2005. Primeros datos sobre el cultivo de la acedía *Dicologoglossa cuneata* Moreau, 1881). En *X Congreso Nacional de Acuicultura, Libro de resúmenes, Tomo I*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2005: 352-353.
- HERRERA M., HACHERO-CRUZADO I., GARCÍA G., MANCERA J.M. y NAVAS J.I. 2010. Reproduction of the wedge sole (*Dicologoglossa cuneata* Moreau) in captivity: spawning parameters and influence of the natural temperature. *Reviews in Fish Biology and Fisheries, OnlineFirst*, DOI 10.1007/s11160-010-9172-8.
- HERRERA M., MACÍAS J.M., COLLADO J., GALLÉ J.P., HACHERO I., RODILES A., CONCEPCIÓN M., DURÁN R. y NAVAS J.I. 2007. Primeros datos sobre el engorde de la acedía (*Dicologoglossa cuneata* Moreau, 1881) en una planta industrial de acuicultura. En: *XI Congreso Nacional de acuicultura. Libro de actas, Tomo 1*. CERVIÑO A., GUERRA A. y PÉREZ C. (Eds.). Consellería de Pesca. Xunta de Galicia, Vigo 2007: 799-802.
- HUREAU J.C. 1986. Mullidae. En: *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. 2*. P.J. Whitehead et al. (Eds.), París 1986: 877-882.
- JIMÉNEZ TENORIO N., POZUELO I., GARCÍA PACHECO M., YAMUZA M.P. y BRUZÓN M.A. 2007. Ciclo gonadal y fecundidad en hembras de salmonete de roca, *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) del litoral atlántico andaluz. En *XI Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de Actas, Tomo 1*. CERVIÑO A., GUERRA A. y PÉREZ C. (Eds.). Consellería de Pesca. Xunta de Galicia, Vigo 2007: 271-274.



- JIMÉNEZ M.P., SOBRINO I. y RAMOS F. 1998. Distribution pattern, reproductive biology and fishery of wedge sole *Dicologlossa cuneata* in the Gulf of Cádiz, South-West Spain. *Mar. Biol.*, 131: 173-187.
- JONES A. 1972. Studies on egg development and larval rearing of turbot, *Scophthalmus maximus* L., and brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the laboratory. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 54: 109-125.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (Ed.). 2007. *Manual de cultivo de lenguado y otros peces planos / Manual de cultivo de linguado e de outros peixes planos*. Ed. Junta de Andalucía, Sevilla 2007, 116 p.
- KIM B.G., OSTROWSKI A.C. y BROWNELL C. 1993. Review of hatchery design and techniques used at the Oceanic Institute for intensive culture of the mahimahi (*Coryphaena hippurus*) on a commercial scale. En: *Finfish hatchery in Asia: Proceedings of Finfish Hatchery in Asia 1991*. LEE C.S., SU M.S. y LIAO I.C. (Eds.). Tungkang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute, Taiwan 1993: 179-190.
- KRAUL S. 1993. Larviculture of the Mahimahi *Coryphaena hippurus* in Hawaii, USA. *J. World Aquac. Soc.*, 24: 410-421.
- KUO C.M., SHEHADEH Z.H. y MILISEN K.K. 1973. A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, (*Mugil cephalus* L.). *J. Fish Biol.*, 5: 459-470.
- MARANGOS C. 1995. Larviculture of the Sheepshead bream, *Puntazzo puntazzo* (Gmelin 1789) (Pisces Sparidae). *Cah. Options Méditerran.*, 16: 41-46.
- MENU B. y GIRIN F. 1978. Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en laboratoire. *Vie Milieu Ser. AB Biol. Mar. Oceanogr.*, 29 (3 AB): 517-530.
- MICALE V., PERDICHIZZI F. y BASCIANO G. 1996. Aspects of reproductive biology of the sharpnose seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). I. Gametogenesis and gonadal cycle in captivity during the third year of life. *Aquaculture*, 140: 281-291.
- MORALES NIN B. 1991. Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7 (2): 139-147
- NASH C.E., KUO C.M. y McCONNELL S.C. 1974. Operational procedures for rearing larvae of the grey mullet, (*Mugil cephalus* L.). *Aquaculture*, 3:15-24.
- OLASO I. y RODRÍGUEZ-MARÍN E. 1995. Alimentación de veinte especies de peces demersales pertenecientes a la división VIIIc del ICES. Otoño 1991. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía*, 157: 56 p.
- OZORIO R.O.A., VALENTE L.M.P., POUSSAO-FERREIRA P. y OLIVA-TELES A. 2006. Growth performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. *Aquacult. Res.*, 37: 255-263.
- PAPAGEORGIU P.A. 2000. Marketing development for new Mediterranean aquaculture species: Enterprise strategies. *Cah. Options Méditerr.*, 47: 11-24.



- PASTOR E., GRAU A., RIERA F., POU S., MASSUTÍ E. y GRAU A.M. 2000. Experiences in the culture of new species in the "Estación de Acuicultura" of the Balearic Government (1980-1998). *Cah. Options Méditerran.*, 47: 371-379
- PASTOR J., HERNÁNDEZ M.D., JOVER M., MARTÍNEZ F.J. y GARCÍA GARCÍA B. 2001. Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soja en la dieta de sargo picudo (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) sobre su crecimiento, composición corporal y palatabilidad. En: *VIII Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de resúmenes*. Dirección General de Pesca y Alimentación. Gobierno de Cantabria (Ed.). Santander, 2001: 124-125.
- REÑONES O., MASSUTÍ E. y MORALES NIN B. 1995. Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (North-West Mediterranean). *Mar. Biol.*, 123: 411-419.
- ROCA E. DE LA, HERRERA M., HACHERO I., NAVAS J.I. y CORDERO M.L. 2009. Influencia de distintas condiciones de cultivo sobre el crecimiento y la supervivencia de la acedia (*Dicologoglossa cuneata* Moreau, 1881). En *XII Congreso Nacional de Acuicultura. Libro de resúmenes*. BEAZ D., VILLAROEI M. y CÁRDENAS S. (Eds.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid 2009: 544-545
- SÁ R., POUSSÃO-FERREIRA P. y OLIVA-TELES A. 2007. Growth performance and metabolic utilization of diets with different protein:carbohydrate ratios by white sea bream (*Diplodus sargus*, L.) juveniles. *Aquacult. Res.*, 38: 100-105.
- SHEHADEH Z.H., KUO C.M. y MILISEN K.K. 1973. Induced spawning of grey mullet (*Mugil cephalus* L.) with fractional salmon pituitary extract. *J. Fish Biol.*, 5: 471-478.
- SILVA L., GARCÍA A., GARCÍA-ISARCH E. y SOBRINO I. 2003. Distribución espacio-temporal de la acedia (*Dicologoglossa cuneata*, Moreau, 1881) en la desembocadura del río Guadalquivir (golfo de Cádiz, suroeste de la península ibérica). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 19 (1-4): 493-504.
- STEPHANIS, J. 1996. Mediterranean aquaculture industry trends in production, markets and marketing. *Cah. Options Méditerran.*, 17: 33-43.
- SUQUET M. y PERSON-LE-RUYET J. 2001. *Les Rougets Barbets* (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*). *Biologie, pêche, marché et potential aquacole*. Editions Quae, IFREMER, Plouzané (Francia) 2001, 47 p.
- SUQUET M., DIVANACH P., HUSSENOT J., COVES D. y FAUVEL C. 2009. Pisciculture marine de "nouvelles espèces" d'élevage pour l'Europe. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3): 148-156.
- VILLOCH F., BARREIRO L., CAAMAÑO R., CABALEIRO S. y ARÁN J. 2005. Obtención de puestas de salmonete de roca (*Mullus surmuletus* Linneo, 1758) en cautividad y su proceso de incubación. En: *X Congreso Nacional de Acuicultura (Gandia, Valencia, 2005). Libro de Resúmenes. Tomo II*. Editorial UPV, Valencia: 434-435.

