

8. Cultivo de peces

8.1. Biología: especies cultivables

Al igual que en relación a los moluscos, vamos a referirnos a las características comunes de los peces que seleccionamos, para posteriormente remarcar aquellas particularidades que consideramos de interés, dado que las especies objeto de este estudio pertenecen al mismo grupo, los Teleósteos.

Morfología

Los Teleósteos son animales vertebrados que presentan unos apéndices especializados para el desplazamiento, las aletas, constituidas por lóbulos o expansiones cutáneas que se extienden sobre una armadura o esqueleto representado por radios, los cuales pueden ser rígidos o flexibles, articulados en su base y capaces de moverse mediante la acción muscular. Las aletas son pares y aletas únicas, las aletas pares las constituyen las torácicas o pectorales que se utilizan para la natación y otro par de aletas abdominales o pelvianas, mientras que las aletas únicas son utilizadas como órganos de propulsión y se denominan anal, dorsal y caudal.

Generalmente, están recubiertos de una piel fuerte, revestida de mucus en la que hay implantadas escamas. La coloración de la piel y de las escamas se debe a pigmentos carotenoides, melaninas, flavinas y purinas, dependiendo también de otros factores, tales como los de tipo nervioso y/o hormonal. En algunos peces, los músculos también poseen coloraciones específicas, debidas a los alimentos que ingieren o a las zonas en que habitan, de tal forma que las especies que viven en aguas superficiales tienen los costados de color claro y plateado como consecuencia de la reflexión de la luz sobre los cristales de guanina, mientras que las de aguas profundas presentan una coloración oscura, dándose incluso el caso de que ciertas especies son capaces de desarrollar una coloración típica en la época reproductora para atraer a las hembras. La gran masa muscular está en los laterales del pez, disponiéndose los músculos simétricamente a los lados de la columna vertebral, estos suelen estar poco irrigados en los peces poco activos y de bajo metabolismo, mientras que las especies de vida activa y de alto metabolismo tienen un grado de irrigación muscular mucho mayor, lo que se traduce en que la carne adquiera un tono más oscuro o rojizo.

La piel es, generalmente, rica en glándulas cuyas secreciones ejercen un efecto protector y lubricante, las escamas que la recubren pueden ser de naturaleza ósea, de colágeno, calcio o proteicas y en la mayoría de los casos, córnea. Las escamas muestran al exterior su extremo libre dirigido hacia atrás, mientras que el otro queda incluido en la piel; respecto a la forma y tamaño, suele ser diverso, el crecimiento lo realizan a través de anillos que permiten determinar la edad de los peces.

Los alevines carecen de escamas cuando eclosionan, adquiriéndolas al poco tiempo. El esqueleto es óseo y está constituido por piezas craneales, vertebrales o axiales, y apendiculares o de las aletas. Estas últimas están articuladas con el esqueleto vertebral y, en el caso de las aletas pares, a través de las cinturas torácica y pelviana.

Ecofisiología

Una de las características de los peces es su capacidad para agruparse formando bancos permanentes o transitorios, esta situación les protege de los depredadores, a quienes desorientan y también de otros peligros; si el motivo de agruparse es de tipo reproductivo, entonces suelen disgregarse cuando alcanzan la madurez sexual.

Existen especies cuya vida transcurre sin alejarse mucho del lugar donde nacieron, mientras que otros realizan grandes migraciones, como ocurre con la dorada, la anguila y los salmónidos, atribuyendo estos procesos migratorios a causas tales como la búsqueda de alimentos, de áreas de puesta o de temperaturas más favorables que principalmente les induce a los desplazamientos, etc. Las rutas que realizan están determinadas por la temperatura, las corrientes, la profundidad o el relieve submarino.

Reproducción

Los procesos reproductores están estrechamente ligados a las fluctuaciones ambientales y sociales de tal manera que las puestas se producen invariablemente en la época del año que ofrece mayores garantías para la supervivencia de la progenie. Esta sincronización con su entorno natural se hace gracias a las complejas interacciones entre los componentes del eje cerebro-hipófisis-gónada (Castello, 1993). En general presentan sexos separados aunque hay casos de hermafroditismo sucesivo. La proporción de los sexos, al igual que la fecundidad, es una característica de cada especie, si bien se darán variaciones en función de las condiciones del medio. Las gónadas están alojadas en la cavidad abdominal y para expulsar sus productos, lo hacen mediante un conducto o poro genital que desemboca detrás del ano, por lo tanto, la fecundación es externa. La gametogénesis está determinada por factores ambientales, principalmente la luz y la temperatura, los cuales actúan a nivel de la pituitaria de manera que libera hormonas, denominadas gonadotropinas, que se distribuyen por la sangre e influyen sobre distintos órganos, estimulando la secreción de hormonas esteroides en las gónadas, que son las que a su vez controlan la gametogénesis. Durante este período gran parte del alimento se transformará en reservas nutritivas de los huevos, si bien algunas especies forman estas reservas a expensas de su propio músculo cuando no tienen suficiente alimentación. El ovario de una hembra durante los períodos de gametogénesis puede llegar a ser el 25% de su peso total (Kartas y Quignard, 1984).

Son muy exigentes respecto al lugar adecuado para la puesta, fundamentalmente en lo que afecta a la temperatura o al lugar físico o zona de desove. Los hue-

vos suelen ser transparentes o translúcidos y de color verdoso o rojizo y de diferente tamaño (Tabla 27) y según las especies caen al fondo (huevos bentónicos) o flotan en la superficie (huevos pelágicos). El desarrollo embrionario es directo, todas las fases son pelágicas, el vitelo es claramente visible y se encuentra conectado con el tubo digestivo en desarrollo, una vez que esta larva ha desarrollado el aparato digestivo y se acaba el vitelo, el animal empieza a comer, por lo que es preciso que ya encuentre alimentos adecuados para no morir de inanición. Este cambio se denomina punto crítico, puesto que es un momento delicado para la supervivencia de las larvas. Todas las estructuras del animal adulto están ya presentes, si bien su desarrollo y, por lo tanto, su función no son completas todavía (ojos, boca, estómago, hígado, etc.). La incipiente musculatura permite a la larva efectuar pequeños movimientos (Fig. 35).

Tabla 27

Características de huevos y larvas de especies de interés en la acuicultura
(según Quillet y Camaret, 1982)

Especie	Medio de vida	Diámetro del huevo (mm)	Talla de la larva en la eclosión	
			mg	mm
Salmón	Agua dulce	6,0	—	—
Trucha	Agua dulce	4,0	—	—
Lubina	Agua de mar	1,15	0,45	
Dorada	Agua de mar	0,95	0,13	3,1
Rodaballo	Agua de mar	1,10	0,12	3,1

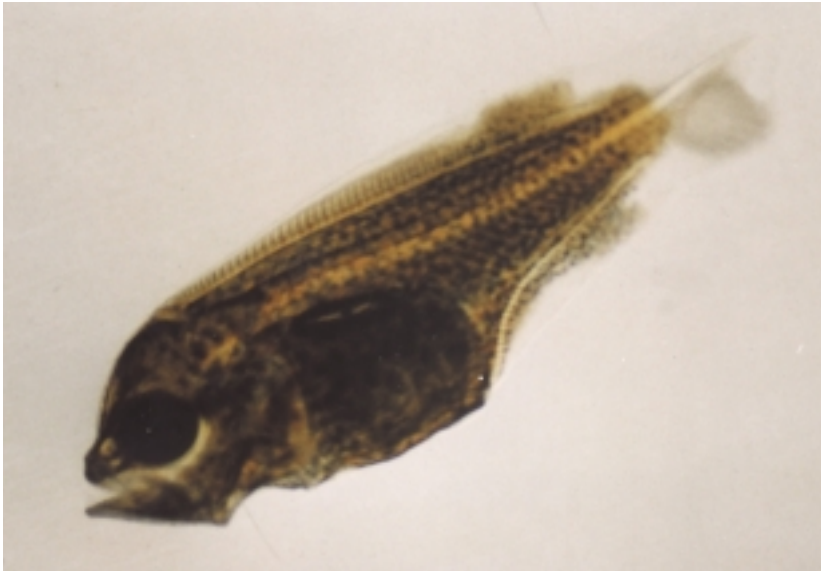
Respiración

La respiración se realiza a través de las branquias, las cuales están constituidas por arcos cartilagosos situados en la faringe de los que parten filamentos que llevan a su vez laminillas perpendiculares, muy bien vascularizadas y recubiertas de una delgada piel, en ellas se efectúa el intercambio gaseoso con el agua, sin embargo, en muchos peces existe también intercambio gaseoso a través de la piel (respiración cutánea), pudiendo llegar hasta el 60% de la respiración total como sucede en el caso de la anguila. Así mismo, en las branquias tiene lugar el intercambio de otras sustancias (macromoleculares, sustancias orgánicas, iones, etc.) entre la sangre y el agua, facilitado por la estructura ramificada que confieren a las mismas los cuatro arcos branquiales que poseen. Por otra parte, realizan un importante papel en la regulación osmótica.

El agua de respiración entra en la cavidad bucal a través de la boca, en donde al cerrarse son presionados los opérculos hacia dentro coincidiendo con un levanta-

Figura 35

Fase de la división de un huevo de rodaballo (*S. maximus*)
(foto cedida por J. Iglesias)



miento del suelo bucal. De esta forma el agua se ve impulsada hacia las branquias saliendo al exterior a través de las aberturas branquiales cuyo borde es flexible y funciona a modo de una válvula. Es durante este proceso cuando la sangre absorbe parte del oxígeno disuelto en el agua.

Nutrición y aparato digestivo

El aparato digestivo comienza en la cavidad bucal, a menudo provista de numerosos dientes y lengua, esta boca da paso a una faringe perforada por las hendiduras branquiales, que comunica con un esófago, el estómago y un intestino que es largo y fino en las especies herbívoras y corto y grueso en las carnívoras, finalmente este intestino desemboca en el ano.

El alimento, que es capturado con la boca y engullido sin más, pasa al estómago, el cual está rodeado de músculos que lo mueven para mezclarlo con las enzimas gástricas y proteasas ácidas allí secretadas. Sólo las partículas parcialmente digeridas pasan al intestino, donde se neutralizan y reciben las secreciones del páncreas (digestión de carbohidratos) y del hígado (emulsificación de lípidos). En el intestino se completa la digestión y empieza la absorción. Los alimentos no asimilados son eliminados a través del intestino en forma de heces. Las bacterias y proto-

zoos simbioses son los principales responsables de la digestión de las celulosas y quitinas, ya que los peces carecen de las enzimas necesarias para esta función.

Las especies que estudiamos en este trabajo, a excepción del rodaballo, presentan un divertículo del digestivo denominado vejiga natatoria, provista o no, según los casos, de un conducto neumático o neumatóforo, que les permite eliminar el exceso de gases contenido en la vejiga y reducir la presión cuando ascienden a zonas superficiales. Esta vejiga, que está muy vascularizada, actúa como un estabilizador, regulando la flotación así como el ascenso y descenso, mediante cambios de presión por variación del gas contenido en la misma. Cuando se produce un cambio brusco de la presión externa y el gas se dilata muy rápidamente sin dar tiempo a ser absorbido por la sangre, se produce la expulsión de la parte anterior del digestivo a través de la boca.

Excreción

La excreción se realiza a través de los riñones que, en número de dos, se sitúan en la región lumbar próximos a la columna vertebral, estos están formados por millones de túbulos microscópicos que se ocupan de la eliminación de los productos de desecho así como de la regulación del contenido del agua y de las sales minerales que contiene el cuerpo. La cantidad de orina depende de la temperatura, salinidad, alimentación y estado fisiológico del pez. El nitrógeno se excreta en forma de amoníaco, urea y óxido de trimetilamina. También tienen función excretora las branquias como filtradoras de la sangre.

El cuerpo de los peces tiene una concentración de sales mayor que el agua dulce y menor que el agua salada, para mantener los niveles de sales apropiados, estas especies emplean las grandes superficies de intercambio con el agua, que son las branquias, los riñones y el intestino. Los peces en el agua dulce captan sales por las branquias y el intestino, a la vez que eliminan orinas diluidas, sin embargo, en el agua salada la captan por el intestino y eliminan sales por las branquias y por el riñón (orinas concentradas) (Muus y Dahlström, 1981).

Aparato circulatorio

El sistema circulatorio es cerrado y está provisto de un corazón constituido por dos cámaras situadas en serie. La sangre es bombeada desde el corazón a través de las arterias correspondientes hasta las branquias, donde se oxigena para ser después distribuida por todo el cuerpo. La sangre es coagulable contiene glóbulos rojos y leucocitos y como pigmento respiratorio hemoglobina.

Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso es central, con encéfalo en la cabeza y médula espinal de la que parten ramificaciones motoras que inervan los músculos estriados. Los órganos sen-

soriales que corresponden a la línea lateral consisten en una serie de estructuras dispuestas en una fila de escamas a cada lado del cuerpo a modo de pequeños tubos abiertos al exterior a través de las escamas y conectados entre sí por medio de un canal relleno de moco, recorriendo los flancos del animal y con ramificaciones sobre la cabeza. Parece ser que están relacionadas con el sentido de la dirección, permitiendo a los peces conocer la emisión de las ondas del choque (o eco) producido en el agua por la presencia de otros animales u objetos. La línea lateral también está conectada con un órgano sensorial que permite determinar las distancias y que es altamente efectivo, ya que mientras nadan, los peces están rodeados por un enjambre normal de ondas de presión, cuando estas ondas son alteradas por la presencia de objetos en el agua (otros peces, enemigos, piedras) los órganos de la línea lateral entran en acción, las pequeñas variaciones de presión producidas en los tubos abiertos por la anomalía son registradas por los nervios y el mensaje es descifrado por el cerebro, que automáticamente estima la dirección de procedencia y la distancia del objeto. Podemos decir, pues, que los peces tienen constantemente y a través de su línea lateral una panorámica de sus alrededores más cercanos (Muus y Dahlström, 1981).

Respecto al sentido de la vista no está muy perfeccionado, pues tienen una visión defectuosa de la imagen, siendo las especies que habitan próximas a la superficies las que tienen más desarrollados los órganos de la visión. Poseen ojos grandes que están provistos de un cristalino duro y esférico. El oído es diferente según el grupo al que pertenezcan, contribuyendo la acción de la vejiga natatoria a la expansión y percepción del sonido y a la producción de vibraciones y en la emisión de sonidos actúa esta vejiga como caja de resonancia de los ruidos producidos, en algunos casos por la expulsión de las burbujas de aire por la boca y en otros por la propia vejiga. Poseen, al igual que los demás vertebrados, un oído interno, el laberinto, que es la sede del sentido auditivo así como del de posición (sentido estático) y también del sentido del equilibrio. El laberinto consta de tres canales semicirculares con tres ampollas alojando el órgano del equilibrio, debajo de estos canales se encuentran tres dilataciones conteniendo cada una la correspondiente concreción calcárea apoyada sobre un cojín de pelos sensoriales, que son los otolitos, de ellos los dos inferiores reaccionan frente a las ondas sonoras y su vibración es registrada por los pelos sensoriales y el superior sirve como órgano del equilibrio.

Los peces carecen de cuerdas vocales pero existen unos pocos que son capaces de emitir gruñidos o chillidos haciendo vibrar, mediante músculos especiales, las paredes de la vejiga natatoria, o bien expulsando aire a través del conducto neumático. La mayoría de sonidos, no obstante, son involuntarios y se producen al nadar, comer o hurgar en el fondo. El sentido del olfato está bien desarrollado, delante de los ojos se abren los orificios nasales, cada uno de los cuales comunica con una cavidad olfativa, en la mayoría de peces cada orificio está dividido en dos por un puente cutáneo, sirviendo entonces la abertura anterior para la entrada del agua durante la

natación o por medio de un bombeo activo, y el posterior para la salida. Los peces pueden también reconocer a otros por medio del olfato, un pez herido secreta con frecuencia «sustancias alarmantes» que alertan a los demás. El sentido del gusto está localizado en la boca, faringe, barbillas, e incluso por todo el cuerpo, detectando las sustancias químicas existentes en el agua, no existiendo diferenciación clara entre el gusto y el olfato (Castello, 1993).

***Anguilla anguilla* (Anguila)**

La clasificación taxonómica de esta especie es:

Clase: Osteictios.

Superorden: Teleósteos.

Orden: Anguiliformes.

Familia: Anguillidae.

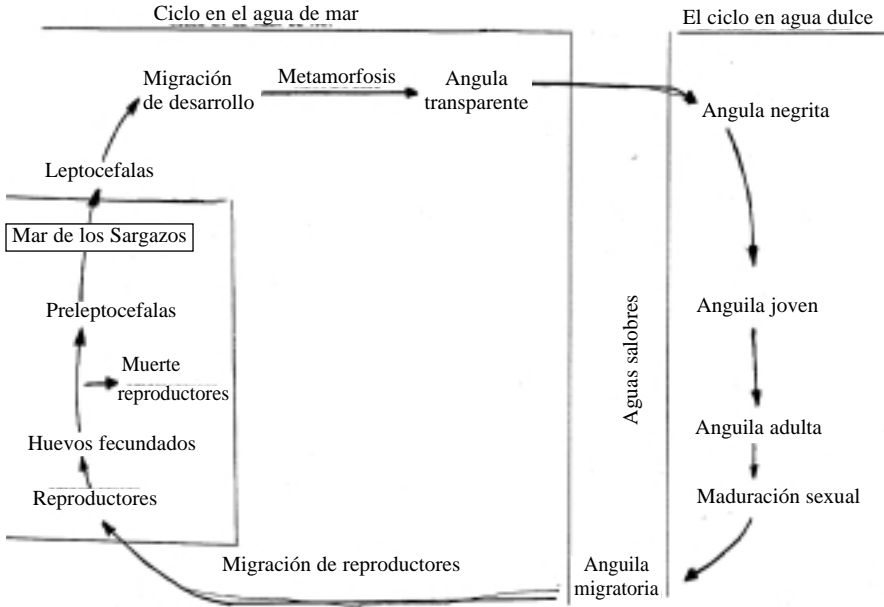
Género: *Anguilla*.

Especie: *Anguilla angilla* (Linne, 1757).

Se trata de un pez ápodo de cuerpo alargado, flexible, serpentiforme y muy aplastado lateralmente, con una larga aleta impar resultante de la fusión de las aletas dorsal, caudal y anal, y sin aletas pelvianas pares. Presentan escamas muy pequeñas sobre una piel rica en glándulas mucosas, una mandíbula inferior ligeramente más alargada que la superior y una línea lateral muy visible. Su coloración es variable, en función de la edad y el medio de vida, adquiriendo tonalidades amarillentas, parduscas, verdosas, negruzcas o plateadas. Las anguillas son relativamente tolerantes en cuanto a la calidad del medio, adaptándose bien a los cambios de salinidad y resistiendo tanto las altas temperaturas (32-34 °C), como las muy rigurosas, incluso algunas décimas bajo cero. Pueblan las aguas marinas litorales, los medios salobres (estuarios, lagunas, manglares) y las aguas continentales (ríos, lagos, marismas), son peces más o menos sedentarios durante gran parte de su vida (3 a 12-15 años), si bien efectúan importantes migraciones durante un ciclo biológico muy complejo, con puntos todavía desconocidos, al menos en lo que se refiere a aspectos tales como las zonas de reproducción. Es una especie carnívora, que olfatea su presa gracias a poseer cápsulas olfativas muy desarrolladas que son capaces de activarse por la presencia en el agua de tan solo unas pocas moléculas de sustancias olorosas (Muus y Dahlström, 1981).

El ciclo de desarrollo, representado en la figura 36, se puede esquematizar diciendo que se trata de una especie que realiza migraciones hacia las aguas continentales durante los estados larvarios y juveniles (anadromia), con regreso de los reproductores a las aguas marinas (catadromia). Estas migraciones son complejas y comprenden aspectos tales como que tiene un área concreta de puesta y ésta se realiza siempre en el mar de los Sargazos, a profundidades de 600 m. Después de la eclosión de los huevos tiene lugar una fase larvaria, la *Leptocéfala*, de vida marina y plantónica, aplanada lateralmente, carnívora y que se alimenta de zooplancton. Estas

Figura 36
Ciclo de vida de *A. anguilla*
(Pardellas y Polanco, 1987)



larvas realizan sus desplazamientos hacia el talud continental, en donde sufren la primera metamorfosis, con una disminución de talla y peso, el cuerpo se redondea y empieza a pigmentarse una vez que penetran en los cursos de agua dulce, ya en forma de angula.

A partir de ese momento las angulas colonizan las aguas dulces curso arriba, el crecimiento se hace bastante lento, con gran variabilidad individual y muy influenciado por los factores ambientales, fundamentalmente por la temperatura, adquiriendo las anguilas jóvenes una tonalidad oscura en el dorso y verdoso, primero y amarillento después, en la parte ventral. El crecimiento se detiene con la transformación en anguila plateada, que presenta un dorso muy oscuro y el vientre blanco plateado; es en ese momento en el que las hembras casi doblan en tamaño a los machos (menos de 50 cm en los machos y hasta 1 m las hembras). Alcanzado ese punto, los sexos ya están diferenciados y después de una permanencia en agua dulce, que puede oscilar entre los 5 y 12 años, las anguilas inician su retorno al mar, a partir del otoño, para realizar su única maduración sexual. La freza tendrá lugar en primavera o verano, si bien se desconoce el destino final de la anguila madre, considerando la mayoría de los autores que no sobrevive a la misma (Barnabe, 1991).

***Sparus aurata* (Dorada)**

Clase: Osteicios.

Superorden: Teleósteos.

Orden: Perciformes.

Familia: Sparidae.

Género: *Sparus*.

Especie: *S. aurata* (Linne, 1758).

Las doradas forman un grupo homogéneo caracterizado por presentar un cuerpo alto, ovalado y comprimido, recubierto de grandes escamas y con una viva coloración. La cabeza es abultada, posee una sola aleta dorsal que cuando está plegada se aloja en un surco muy característico, una aleta anal con tres radios duros y una aleta caudal escotada. Es una especie bentónica, cuyos alevines y juveniles viven próximos a la costa, penetrando frecuentemente en las desembocaduras de los ríos y lagunas litorales (salobres o no), sobre todo en primavera y verano, mientras que en invierno migran mar adentro, en especial los individuos maduros, para realizar la reproducción.

Soporta muy bien las variaciones de salinidad, al igual que las de temperatura, prefiriendo los medios salobres en los que en general las especies que pasan parte de su ciclo vital en estas aguas, presentan un mayor crecimiento que aquellas que permanecen siempre en el mar (Quillet y Camaret, 1982). Por otra parte, el tiempo de incubación de estas especies varía con la temperatura, interviniendo también, aunque no sea de forma tan decisiva otros factores del medio, tales como oxígeno, turbidez, salinidad, agitación, etc. La dorada es una especie preferentemente carnívora, depredadora de moluscos, crustáceos y pequeños peces, para lo que disponen de un sistema dentario constituido por numerosos dientes puntiagudos dispuestos sobre las dos mandíbulas y numerosas hileras de gruesos molares, además de poseer un intestino, derecho y corto. El tipo de dentadura le facilita el despedazamiento de los moluscos y la anatomía del intestino le hace resistente a los desgarrones.

Son especies que presentan hermafroditismo proteándrico, manifestándose del primero al cuarto año de su vida. La freza es bentónica, a niveles de entre 5 y 35 m de profundidad. El ciclo de vida se caracteriza por sus migraciones en grupo desde aguas salobres hacia plena mar. En la evolución del sexo, los progenitores llevan a cabo las siguientes etapas (Barnabe y Rene, 1973):

- a) Hasta los 8 meses la parte dorsal del ovario de la gónada es la dominante.
- b) A lo largo de la primera sesión de reproducción (fin del primer año de vida) la parte ventral de la gónada se desarrolla formando un testículo maduro.
- c) Al fin de esta primera sesión de reproducción todos los individuos reinician un movimiento de inversión sexual.
- d) A partir de 17 meses dos evoluciones son posibles: el 80% de la población finaliza esta inversión y llega a ser hembra, mientras que para el 20% restante el proceso de inversión se interrumpe y estos individuos quedan como machos. La evolu-

ción posterior parece ser que consiste en que con el envejecimiento la casi totalidad de los animales se hacen hembras.

El desarrollo de los gametos evoluciona de forma que una parte de las ovogonias se diferencian en ovocitos, los cuales sufren la vitelogenénesis y, tras la maduración ovocitaria, tiene lugar la emisión del primer glóbulo polar siguiendo inmediatamente la ovulación y la puesta, fecundaciones y la activación por el espermatozoide. El desove es espontáneo, teniendo lugar después del mediodía y durante la noche. Todos los huevos de una misma hembra no son liberados en una sola vez, ya que tienen una puesta secuencial, de duración de unos dos meses, al ritmo de una puesta por día. Los huevos emitidos, que son hiponeutónicos, de color amarillo claro, perfectamente translúcido, sin pigmentación melánica y conteniendo un glóbulo lipídico único que asegura su flotación, son inmediatamente fecundados por los machos (Barnabe y Rene, 1973).

***Dicentrarchus labrax* (Lubina)**

La posición sistemática de lubina es la siguiente:

Clase: Osteoictios.

Superorden: Teleósteos.

Orden: Perciformes.

Familia: Serranidae.

Género: *Dicentrarchus*.

Especie: *D. labrax* (Linne, 1758).

Estos peces se caracterizan por tener un cuerpo fusiforme y alargado, en forma de huso, de color plateado y una boca con la mandíbula inferior algo prominente, las aberturas nasales y los ojos son pequeños, la boca grande con la mandíbula inferior algo más prominente en los adultos. La primer aleta dorsal es casi triangular y presenta cuatro radios espinosos, la segunda es trapezoidal, con un radio espinoso y doce blandos, y sobre el opérculo lleva una mancha negra. Las hembras tienen la cabeza más larga y puntiaguda, además de ser más desarrolladas que los machos presentan mayor velocidad de crecimiento. Son pelágicos que habitan preferentemente en el litoral, aunque se encuentran con frecuencia en las desembocaduras de los ríos y salinas. Cuando son jóvenes nadan en grupo y de adultos lo hacen en solitario. Se caracterizan por ser buenos nadadores y poseer una gran vitalidad. Respecto a los parámetros físico-químicos, toleran medios muy variables de temperatura y de salinidad, asimismo, soportan concentraciones bajas de oxígeno e incluso resisten ciertos grados de contaminación por hidrocarburos e insecticidas. Por el contrario son extremadamente sensibles al estrés (Barnabe, 1991). El factor luminosidad tiene efectos sobre la reproducción, la cual se realiza en condiciones de ciclo nictimeral muy diverso dependiendo de la latitud. Es una especie carnívora y muy voraz, los individuos jóvenes se alimentan principalmente de pequeños crustáceos, pececillos y gusanos, y cuando alcanzan la talla adulta ingieren crustáceos y otros peces pelágicos, fundamentalmente bentónicos.

Presenta sexos separados, alcanzando la primera maduración entre los dos y los cuatro años de vida. La freza se realiza en pleno invierno, los huevos son pelágicos y las larvas planctónicas. Las puestas tienen lugar en las zonas rocosas litorales en la desembocadura de los ríos, o en los estuarios (Barnabe, 1991). Se pueden encontrar reproductores en puesta hasta profundidades de al menos 30 a 40 m. Los huevos y las larvas se ubican en el meroplancton litoral. Cada individuo pone una sola vez en unas pocas horas, lo que hace que todos los huevos están más o menos en el mismo estado de desarrollo.

***Scophthalmus maximus* (Rodaballo)**

La clasificación taxonómica de esta especie es:

Clase: Osteictios.

Superorden: Teleósteos.

Orden: Pleuronectiformes.

Familia: Scophthalmidae.

Género: *Scophthalmus*.

Especie: *S. maximus* (Rafinesque, 1810).

El rodaballo tiene el cuerpo casi circular y de color marrón parduzco, más o menos oscuro, con pequeñas manchas de diferentes colores que se extienden por la aleta caudal que está bien pigmentada en su extremo, siendo el lado ciego blanquecino. La superficie en que se encuentran los ojos, situados en el lado izquierdo de la cabeza no presenta escamas pero sí grandes tubérculos óseos. La boca es grande, mandíbula prominente, con dentición igual en ambos lados y la línea lateral está curvada en la parte anterior, si bien está desarrollada en ambos lados del cuerpo y presenta una rama supratemporal. La aleta dorsal contiene la mayor parte de los radios ramificados y su origen bastante cercano al nivel del ojo superior, las aletas dorsal y anal no continúan por el pedúnculo caudal en el lado ciego. Las aletas pélvicas no están unidas a la anal. El ano se sitúa en el lado ciego por encima del primer radio de la aleta anal. La piel presenta escamas pequeñas y cicloides o tubérculos óseos. Posee una extraordinaria capacidad mimética, adaptándose a los fondos en donde vive. Se alimentan de otros habitantes del fondo, fundamentalmente peces, aunque también ingieren crustáceos o moluscos a los que atacan en la noche. No toleran las bajas salinidades, los valores inferiores al 15‰ tiene un efecto letal, estando comprendido su rango de salinidades entre los 30 a los 35‰.

Son animales gonocóricos que no presentan dimorfismo sexual. La reproducción es de tipo cíclico, el cual se caracteriza por un desarrollo máximo de las gónadas, especialmente los ovarios, justo antes de la emisión de los gametos, que se traduce en su aspecto morfológico (cambio de volumen y de color). El período de puesta es muy definido, sucede en la etapa primaveral. Cuando se aproxima la puesta, los reproductores se reúnen en zonas de desove situadas sobre la plataforma continental. Los huevos son emitidos en gran cantidad; estos son pelágicos y flotan gracias a una sola gota lipídica que poseen. La fecundación es externa y dejada al

azar, con una duración de incubación, que suele ser de una semana. Las larvas son planctónicas y su presencia es abundante a unos diez metros de la superficie, siendo arrastradas hacia las costas por las corrientes. Al final de la vida larvaria, con la metamorfosis, se produce un descenso hacia el fondo. Los juveniles, que se encuentran cerca del litoral, comienzan a llevar una vida béntica, se reagrupan en zonas intertidales en donde pasan los meses de verano y otoño, para después alejarse de la costa hacia aguas más profundas. Ya en estado adulto son bentónicos, viviendo a profundidades comprendidas entre los 20 y los 70 m, apoyados sobre el fondo y su cuerpo se vuelve asimétrico.

***Salmo salar* y *S. gairdneri* (Salmón y trucha)**

En el grupo de los salmonados estudiamos las dos especies de interés para la acuicultura, es decir el salmón y la trucha, cuya posición taxonómica es la siguiente:

Clase: Osteictios.

Superorden: Teleósteos.

Orden: Clupeiformes.

Familia: Salmonidae.

Género: *Salmo*.

Especies:

a) *S. salar* (Linne, 1758) (Salmón).

b) *S. gairdneri* (Richardson, 1836) (Trucha).

Los salmónidos muestran varios rasgos de anatomía arcaica, tales como la estructura de su mandíbula o su vejiga gaseosa que es del tipo fisótomo. El esqueleto está totalmente osificado, formado por un tejido óseo que contiene verdaderos osteocitos. Son peces esbeltos, con un grueso pliegue cutáneo sobre la línea mediodorsal, desprovisto de radios llamado aleta adiposa. Las branquias están bien desarrolladas y poseen un filtro más o menos eficiente, las escamas son pequeñas. De las dos especies elegidas, una es autóctona, el salmón del Atlántico (*S. salar*), mientras que la otra, trucha arco iris (*S. gairdneri*) es foránea, habiendo sido introducida en Europa en el año 1882 (Pardellas y Polanco, 1987) y dando lugar a especies híbridas, cuyas características coinciden más o menos con la trucha común o autóctona (*S. fario*).

A pesar de que la biología de la trucha es parecida a la del salmón, a veces resulta difícil distinguirlos. El salmón es más alargado, con la cabeza más puntiaguda y el tronco de la cola más fino, mientras que en la trucha la cabeza es más roma, el tronco de la cola más grueso y la aleta caudal menos cóncava, con el borde casi recto. Una clara diferencia la podemos encontrar en el hecho de que la trucha no emigra ni con mucho tan lejos como el salmón, e incluso puede constituir poblaciones en las aguas dulces y jamás emigrar al mar. En el caso de existir las emigraciones sexuales, la trucha, al igual que el salmón, desarrolla una librea nupcial. La freza es más tardía en la trucha que en el salmón y con frecuencia aguas más arriba, la mayoría sobreviven y vuelven a poner al año próximo. Respecto a las fases juveniles, los salmones se diferencian de las truchas de su misma edad por presentar claramente

marcadas sobre el dorso 8-10 manchas de color gris azulado entre cada una de las cuales hay una sola manchita roja. Las truchas tienen las manchas gris azuladas menos aparentes y sobre sus flancos se evidencian numerosas manchitas rojas rodeadas de un anillo más claro y la aleta adiposa es de color gris azulado en los salmones, mientras que en las truchas es anaranjada.

Todos los salmónidos presentan un ciclo reproductor anual muy definido con una fase de reposo, otra de crecimiento importante de las gónadas correspondiente a la espermatogénesis en el macho y a la vitelogénesis en la hembra y finalmente la maduración y liberación de los gametos. Los ovarios son grandes y los huevos maduros caen libremente dentro de la cavidad abdominal, saliendo al exterior por un orificio situado junto al ano. Después de la puesta, por regla general, algunos huevos permanecen todavía dentro de la cavidad abdominal y degeneran gradualmente con posterioridad (huevos residuales).

El salmón presenta un ciclo vital de enorme interés, se trata de una especie anadroma que es muy exigente en cuanto se refiere a la elección de las zonas de puestas. En otoño la hembra selecciona un lugar en aguas corrientes y frescas situado a profundidades que van de 0,5 a 3 m, una vez elegido se tumba de costado y batiendo fuertemente la cola cava un surco entre las piedras y gravas que puede medir hasta 30 cm de profundidad y a veces más de tres metros de longitud. Llegado el momento de la puesta el macho se desliza por encima de la hembra y a lo largo de su costado, emitiendo ambos en medio de grandes temblores del cuerpo los productos sexuales sobre las piedras y dentro del surco. Los huevos son emitidos en varias etapas separadas por intervalos de 5-10 minutos, quedando cubiertos de piedras y grava cuando la hembra cava un segundo surco junto al primero. La puesta dura de 3 a 14 días, interrumpida por pausas durante las cuales los reproductores permanecen en lugares profundos y los machos se reúnen para ahuyentar a los depredadores de huevos. Después de la puesta los reproductores quedan extenuados y se produce una gran mortandad, principalmente entre los machos, que son atacados por mohos o varados en la orilla. Las especies que sobreviven y vuelven al mar después de frezar reciben el nombre de *salmones de retorno* (Muus y Dahlström, 1981). Sólo del 4 al 6% de individuos se reproducen por segunda vez y quizá tan sólo el uno por mil, una tercera. Los pocos supervivientes que consiguen alcanzar el mar se recuperan con gran rapidez y transcurridos de 1 a 2 años ascienden de nuevo por los ríos para reproducirse de nuevo. Estos salmones pueden diferenciarse de los que ascienden por primera vez porque presentan sobre el cuerpo muchas más manchas oscuras.

Durante la fase de crecimiento en agua dulce, que puede durar de 1 a 8 años, el salmón se denomina *parss*, generalmente estos *parss* antes de descender hacia el mar adquieren una librea brillante, pierden gran parte de glucógeno hepático y las células de sus branquias excretan cloruros. Cuando alcanzan una longitud de 12 a 15 cm sufren una serie de cambios fisiológicos y de comportamiento (*smoltificación*), migrando después hacia el mar como *smolts*. Estas migraciones se producen de mayo a junio, hacia aguas frías, con temperaturas entre 2 y 6 °C, los *smolts* permane-

cerán en el océano, de uno a cinco años o más, hasta alcanzar la madurez sexual y retornar al río de origen para efectuar la freza. Su alimentación en esta fase se basa, al principio, en pequeños crustáceos y posteriormente ya pasan a comer peces (Barnabe, 1991). Al cabo de un año en el mar, parte de los individuos sufren la maduración sexual, es decir, son los salmones *grilse*. Otros individuos permanecen, antes de alcanzar la madurez sexual, en el mar un segundo invierno y una vez que la alcanzan retornan al río de origen para cerrar el ciclo.

8.2. Patología

La patogénesis se puede describir como un factor causal que provoca un disturbio el cual va a dar origen a una enfermedad, y en esta línea, repetimos que para analizar estos aspectos hay que diferenciar entre la enfermedad y la mortalidad. De una manera general, la receptividad a la enfermedad depende de una serie de factores endógenos y exógenos, siendo, entre los endógenos la propia especie el primero de ellos, así, mientras unas especies son más vulnerables a determinadas enfermedades, otras son resistentes, e incluso, en otros casos, existe una cierta predisposición heredable; también el sexo influye, sobre todo en las fases de micosis, a las que son más sensibles los machos que las hembras, principalmente entre peces dulceacuícolas; igualmente, caracteres tales como la talla, el peso y la edad ejercen cierta influencia en la receptividad, debido a que las defensas inmunitarias aumentan con la edad, sin olvidar que pueden convertirse los ejemplares en portadores de una determinada patología, ya que la fagocitosis en los peces no llega en muchos casos a destruir los gérmenes. En general, en la época de la madurez sexual son especialmente sensibles a la adquisición de enfermedades, sucediendo lo mismo cuando existe una alteración fisiológica en algunos órganos o sistemas, que pueden causar la aparición de una predisposición receptiva, extensible también a las situaciones de estrés. Respecto a los exógenos, hay que destacar, en primer lugar, la propia virulencia del agente patógeno, capaz de producir verdaderas epidemias que constituyen graves desastres en las producciones piscícolas. Otras causas que influyen en el desarrollo patológico son los factores medioambientales, ya que la alteración de algún parámetro, como puede ser la elevación de la temperatura, descenso del nivel de oxígeno, acumulación de desechos o restos de alimentos, etc., puede convertirse en el principio desencadenante de una enfermedad.

En los peces adquieren una importancia primordial las condiciones de estrés y los traumatismos, situaciones que se producen con relativa frecuencia y facilidad en el proceso de cultivo y durante la manipulación de los animales. Las perturbaciones de los factores físico-químicos o biológicos en el proceso tecnológico pueden ser causa de estrés, incluyendo las altas densidades de población, el transporte, los baños terapéuticos etc. Por otra parte, la presencia de heridas representa una puerta de entrada a los agentes patógenos, por lo que es extremadamente importante la tec-

nología de producción y manipulación de las especies cultivadas. La nutrición es determinante ya que, sin duda, el desconocimiento de las necesidades de los animales y de los mecanismos metabólicos finos son el origen de las perturbaciones que pueden causar pérdidas considerables al favorecer la acción de los organismos patógenos sobre un pez debilitado. Los síntomas observados pueden ser en numerosas ocasiones reversibles por un simple cambio de régimen.

Otro apartado importante es el relativo a los tumores y malformaciones, ya que por una parte las lesiones tumorales son procesos neoplásicos que pueden ser de evolución benigna o maligna, siendo menos frecuentes en las condiciones de cultivo que en las poblaciones salvajes (los peces planos son especialmente sensibles a los factores carcinógenos que se encuentran en el medio) y respecto a las malformaciones, éstas pueden tener un carácter hereditario cuyo origen se observa a través de las malformaciones corporales a lo largo del cultivo larvario, si bien los individuos más atacados desaparecen rápidamente. No obstante, las causas de las malformaciones son difíciles de establecer, pueden deberse a caracteres de tipo genético, a manifestaciones secundarias de enfermedades, a factores dietéticos o como consecuencia de una defectuosa manipulación, etc.

En resumen, podemos decir que en el caso de los peces, las enfermedades pueden ser adquiridas por vía directa o a través de intermediarios o de vectores, siendo las vías más frecuentes de penetración la digestiva, la respiratoria y la cutánea. En cualquier caso, los problemas patológicos en estas especies son de diversos órdenes, entre los que cabe destacar los de tipo infecciosos, medioambientales, nutricionales, tumorales y las malformaciones. Las patologías infecciosas más frecuentes son las producidas por virus, bacterias y/o parásitos.

Patologías producidas por bacterias

En la aparición y desarrollo de las enfermedades bacterianas además del pez (especie, edad, estado fisiológico) y del microorganismo patógeno, juegan un papel importante las fluctuaciones en las condiciones ambientales (temperatura, pH, niveles de oxígeno disuelto, grado de contaminación, etc.), así como los factores inherentes a la manipulación industrial de los peces (transferencia de especies de agua salada, procesos de clasificación, densidad de población, sistema de limpieza y desinfección de tanques, etc.) que pueden decidir en la supervivencia del agente patógeno y afectar adversamente a los peces en cultivo, incrementando su susceptibilidad a contraer enfermedades. Algunas especies de bacterias son gérmenes que se encuentran habitualmente en el aparato digestivo de los peces, haciéndose patógenos cuando interviene algún factor estresante de tipo ambiental o alimentarlo, mientras que otras son agentes etiológicos primarios, aunque una alteración en los factores ecológicos u otra causa biológica puede incrementar su virulencia o su capacidad de reproducción. En general, la presencia de contaminantes y los tratamientos preventivos ejercen una acción irritante sobre la piel y mucosas de los animales, que favorecen la penetración de bacterias o de sus secreciones y eso mismo

sucede cuando existen pequeñas lesiones cutáneas. Las vías de penetración de las bacterias es uno de los aspectos más desconocidos en la patología, ya que como hemos mencionado anteriormente, puede ocurrir por vía oral, hecho comprobado en algunas bacterias, o por las vías bronquial y cutánea, favoreciendo en muchos casos su penetración la presencia de lesiones o heridas, aunque éstas sean microscópicas.

La sintomatología de las enfermedades bacterianas es variable y también depende de su evolución, las más frecuentes se relacionan con alteraciones en la natación, adelgazamiento, hidropesía, respuestas inflamatorias, aparición de lesiones hemorrágicas internas o externas que pueden presentar o no necrosis. Las principales infecciones catalogadas son las producidas por bacterias de los géneros *Vibrio*, *Aeromonas*, *Yersinia* y *Renibacterium*.

La vibriosis es una de las más graves enfermedades de los peces, tanto los salvajes como los de cultivo, siendo la patogenicidad que limita más la producción industrial de las especies de cultivo. Se han descrito vibrios muy relacionados con *Vibrio anguillarum* implicados en mortalidades del rodaballo y del salmón en juveniles y adultos cultivados, ya sea como únicos agentes causales o en asociación con agentes virales. La vibriosis también se cita en anguila (*Anguilla anguilla*) cultivada en Valencia, en este caso causada por *V. vulnificus* (Biosca *et al.*, 1991), siendo la mortalidad máxima entre las especies jóvenes. Su aparición se ve favorecida por diversos regímenes alimentarios, ya que la absorción frecuente de grasas oxidadas provoca modificaciones patológicas del mucus de la membrana del tubo digestivo, lo cual facilita una vía de entrada a la bacteria. Entre las enfermedades a destacar está la denominada Hitra (vibriosis de aguas frías) que está causada por *V. salmonicida* y afecta al salmón atlántico y a la trucha arco-iris. También la enfermedad conocida como «ulceras de invierno» está provocada por una especie de *Vibrio* al que se ha propuesto el nombre de *V. viscosus*. Contra esta vibriosis se ha desarrollado una vacuna que parece ser eficaz (Egidius *et al.*, 1986).

Infecciones graves son las causadas por bacterias pertenecientes al género *Aeromonas*, que afectan principalmente al cultivo de la trucha en agua dulce y al de la anguila en agua salobre. Así *Aeromonas hydrophila* y *A. sobria* ocasionan en general mortalidades bajas pero continuas en asociación con otros patógenos oportunistas. Según Toranzo (1990), el desencadenamiento de epizootias debido a esta *Aeromonas* suele estar relacionado con una elevación de la temperatura y la materia orgánica en el agua. Otra enfermedad es la conocida como forunculosis causada por *A. salmonicida* y que se describe tanto en la trucha como en el salmón, además de afectar a un amplio grupo de peces no salmónidos como por ejemplo el rodaballo, la platija y otros peces planos. La bacteria *Yersinia ruckeri* causa la enfermedad de la boca roja, que ocasiona importantes pérdidas económicas en todo el mundo en trucha cultivada en agua dulce y en el agua salada afecta al rodaballo y a la lubina. La especie *Renibacterium salmoninarum* provoca la enfermedad bacteriana del riñón (BKD) que se detecta en los salmónidos, tanto en agua dulce como en agua de mar,

además, otras especies pueden ser portadores encubiertos, por otra parte, esta enfermedad plantea serios problemas en los salmónidos ya que los peces con riñones infectados resisten mal la transferencia del agua dulce al agua del mar. Las infecciones causadas por *Flexibacter maritimus* han sido asociadas a las lesiones en la piel de peces marinos, siendo numerosas las especies que se han mostrado susceptibles a esta bacteria, incluyendo el rodaballo, el salmón atlántico, el salmón coho y la lubina. Las *tuberculosis* de los peces están causadas por el bacilo *Micobacterium marinum* cuya infección se restringe esencialmente a peces de agua templada, ocasionando brotes en salmónidos, lubina y dorada (Bruno *et al.*, 1998).

Patologías producidas por virus

De todas las enfermedades de origen microbiológico que tienen lugar en las piscifactorías son las infecciones virales las que revisten una gran trascendencia ya que los supervivientes se convierten en portadores asintomáticos de los virus eliminándose a través de las heces, orina y productos sexuales durante largos períodos de tiempo. Entre los virus de animales acuáticos tenemos representantes de diversas familias como Birnaviridae, Reoviridae, Rhabdoviridae e Iridoviridae.

A la familia Birnaviridae pertenece el agente viral más representativo, el virus de la necrosis pancreática infecciosa, o IPNV, y otros virus semejantes al IPNV aislados tanto a partir de peces como de moluscos y crustáceos. La necrosis pancreática infecciosa es una enfermedad aguda y altamente contagiosa, causada por un Birnavirus, que está extendida por todo el mundo, tradicionalmente se considera como una infección que afecta a alevines de salmónidos, en los cuales provoca la muerte en pocas semanas e incluso en días, llegando a mortalidades del 80 ó 90%. También se han descrito mortalidades por necrosis pancreáticas en lubina y rodaballo adulto. Los virus pertenecientes a los Reoviridae no provocan enfermedades agudas ni altas mortalidades, pero presentan síntomas muy diversos, que dependen tanto de la cepa viral como de la especie animal afectada. El número de aislamientos ha sido creciente en los últimos años tanto en peces de agua dulce como salada, por ejemplo, el *Reovirus* del salmón del pacífico (Winton *et al.*, 1981), el *Reovirus* de la lubina americana (Baya *et al.*, 1990), y un *Reovirus* en el rodaballo (Lupiani *et al.*, 1989).

En el grupo de los Rhabdoviridae hay dos que han ocasionado pérdidas relativamente importantes en acuicultura, que son el virus de la *Necrosis Hematopoyética Infecciosa* (IHNV) y el virus de la *Septicemia Hemorrágica Viral* (VHS) (Toranzo, 1990). El IHNV originariamente se conoció como enfermedad viral del salmón chinor por ser ésta la primera especie en que se detectó la enfermedad, considerándose como endémica en la costa oeste de Estados Unidos. Asimismo esta enfermedad también se descubre en otros países entre los que se encuentra España. No existe un método eficaz para su tratamiento, por ello deben de aplicarse los métodos de control y prevención pertinentes. El VHS se ha detectado en Europa incluida España (Jiménez de la Fuente *et al.*, 1988), afectando a peces salmónidos, así como a la lubina y al rodaballo. Los signos externos de esta enfermedad incluyen oscureci-

miento del color corporal, exoftalmia (ojos saltones), hemorragias peri e intra oculares, así como en la base de las aletas pectorales y pélvicas, branquias pálidas con hemorragias puntiformes. Los principales signos internos son las hemorragias puntiformes en el tejido graso, intestino, hígado, vejiga natatoria y musculatura, como también aseitis, o sea la acumulación de líquido en la cavidad abdominal. Los peces se muestran apáticos, se separan del grupo permaneciendo casi inmóviles en las orillas del estanque o de las jaulas y huyendo sólo al percibir movimientos externos. La fase subaguda o crónica sigue a la aguda y el oscurecimiento y la exoftalmia se intensifican, las branquias palidecen hasta tornarse gris/blancuzcas, las hemorragias bronquiales disminuyen y los peces sufren severa anemia, la palidez general resultante es particularmente evidente en la cavidad abdominal y en la musculatura. Internamente el hígado se muestra muy pálido, con lo cual las hemorragias se evidencian mejor, mientras que las hemorragias en los demás órganos y musculatura disminuyen. Los peces nadan a menudo rotando alrededor de su eje central y la mortalidad disminuye. En la fase nerviosa se agudizan los movimientos natatorios aberrantes, aumenta el giro alrededor del eje, por lo que los peces muestran a intervalos regulares sus barrigas plateadas, el piscicultor dice que el estanque o jaula relampaguea o fulgura (*flashing*). La ascitis y la palidez generalizada disminuye, las branquias recobran su color normal y en general las manifestaciones típicas de la VHS disminuyen. Esta enfermedad es de notificación obligatoria a la UE y a la OIE (Organización Internacional de Epizootias) (Bruno *et al.*, 1998).

Los Iridovirus se han descrito en numerosos peces, se trata de un grupo viral que causa un gran espectro de síndromes, los cuales van desde las enfermedades sistémicas mortales hasta otras benignas, así como infecciones inaparentes. Como Iridovirus causantes de epizootias tenemos el virus de la Necrosis Hematopoyética Epizootica (EHNV). Entre los no asociados a epizootias y con una distribución mundial amplia, está descrito el virus de la linfocistis y el virus de la Necrosis Eritrocítica (VEN) que afecta a diferentes especies. Ciertos virus semejantes a los Iridovirus son los causantes de la Linfoquistis, caracterizada por la especificidad de las especies de virus, siendo cada una de ellas patógenos de peces pertenecientes a la misma familia o género. Se dice que el virus de la linfocistis afecta sólo a Teleósteos de un alto nivel evolutivo como los salmónidos y entre las especies marinas, la dorada es la más alterada, mientras que la lubina de cultivo es menos susceptible.

Otra enfermedad que afecta fundamentalmente al salmón es la llamada *pancreática del salmón* cuyo virus responsable ha sido recientemente descrito como un Togavirus que provoca crisis subagudas o crónicas de *post-smolts* y peces en fase de engorde del salmón atlántico, siendo observada esta patología en Escocia, Noruega, Irlanda, EE.UU., Francia y España. Las truchas arcoiris y fario cultivadas en agua de mar son también susceptibles. La encefalopatía y retinopatía vírica también conocida como necrosis nerviosa vírica de los peces (VNN) está provocada por un Nodavirus y se halla distribuida por todo el mundo. Entre las especies cultivadas en Europa, la enfermedad se ha detectado en lubina, larvas de dorada y rodaballo.

Patologías producidas por parásitos

La especificidad y los factores ecológicos, así como el gran número de especies parásitas, son características de fundamental importancia para intentar esclarecer estas patologías. Debemos de decir que en los sistemas de cultivo intensivo con circuito cerrado la presencia de parasitosis es limitada, debido al hecho de que los parámetros físico-químicos del agua están bajo control y es poco probable que a través de la misma penetren estados infestantes de parásitos; por el contrario, los sistemas extensivos o semiextensivos permiten fácilmente la introducción no sólo de algunos estados infestantes, sino también de los posibles hospedadores intermediarios, que pueden propagar las parasitosis, por lo que es necesario realizar estudios epidemiológicos en los medios naturales circundantes para así poder determinar el riesgo que existe en cuanto a este tipo de infestaciones.

Dentro de los diferentes grupos, los Protozoos están considerados como los que causan mayor número de enfermedades, seguidos de Metazoos, tales como los Trematodos, Platelminfos o gusanos planos, los Nematelmintos o gusanos cilíndricos, Acantocéfalos, Crustáceos y Anélidos. Algunos son ectoparásitos y otros endoparásitos, pudiéndose albergar en diferentes órganos y tejidos de los hospedadores. Las ectoparasitosis pueden ser a nivel del tegumento, en donde cabe el alojamiento de una serie de parásitos, que en ocasiones no llegan a infringir daños considerables, estando más bien como ectocomensales, mientras que en otros casos pueden provocar incluso la muerte, si bien, en general, en las ectoparasitosis se producen una serie de lesiones y síntomas característicos (Tabla 28). Los endoparásitos se alojan en cavidades corporales, esqueleto, musculatura u órganos internos, causando graves destrozos.

Entre las enfermedades originadas por Protozoos, se encuentra la denominada *del terciopelo*, que afecta a la lubina y a la dorada y que está provocada por un flage-

Tabla 28

Síntomas y lesiones por ectoparasitosis

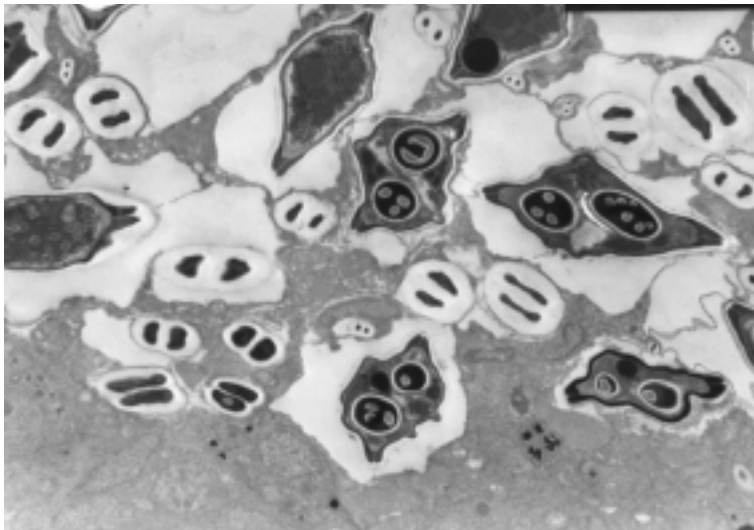
Alteraciones del comportamiento	Modificaciones corporales
Excitación	Dstrucción de las aletas nadadoras, con hemorragias
Postración	Enrizamientos de las escamas
Excitación alternada con postración (según los casos de parasitosis)	Pequeñas ulceraciones
Fricción sobre el fondo (prurito)	Hipersecreción de mucus traducidos en irritaciones cutáneas que hacen aparecer al animal con reflejos gris-azulado
Pérdida parcial o total del apetito, asociada a un adelgazamiento	

lado del género *Amyloodinium* que invade la piel y las branquias en estos peces. Otro flagelado es *Ichthyobodo*, conocido por Costia, al cual son susceptibles numerosas especies en fases larvarias y post-larvarias. Los quistes branquiales son otra enfermedad que ataca a los estados juveniles de la dorada, su acción es sobre los filamentos branquiales, siendo los ejemplares más particularmente atacados los alevines procedentes de *hatchery*, explicándose en base a que sus defensas inmunitarias, por razones genéticas o medioambientales, son menores que en el caso de los ejemplares salvajes y de los adultos. Entre los Protozoos esporozoos son de citar las especies pertenecientes al género *Pleistophora*, que parasitan la lubina y el rodaballo. El Protozoo *Ceratomyxa* es el causante de las enfermedades del predesove o hidropeca del salmón, además de afectar a otras especies de peces marinos. Otro esporozoo es *Henneguya*, cuyas esporas se caracterizan por poseer dos valvas, dos cápsulas polares y dos filamentos polares que forman una especie de larga cola (Fig. 37). El grupo de los Tricodinos son Protozoos muy frecuentes en los peces marinos, que se fijan en las branquias y el tegumento, son ectoparásitos y están ampliamente repartidos por el mundo, manifestándose con síntomas tales como una respiración deficiente y desplazamientos bruscos acompañados de frotamiento de los peces contra el suelo y las paredes de los tanques.

Ya dentro de los Metazoos, entre las enfermedades que presentan una mayor incidencia se encuentra la distomatosis larvaria, cuyos agentes patógenos son Tre-

Figura 37

***Henneguya*, mixosporidio parásito de peces**
(foto cedida por el Dr. Azevedo)



matodos que parasitan de forma natural diversas especies, entre otras a la dorada, habiéndose encontrado hasta 1.500 ejemplares por pez en poblaciones salvajes de la laguna Bardawil de Israel (Paperna *et al.*, 1977). Las cercarias de otro Trematodo, *Cryptocotyle lingua*, son transmitidas a través de hospedadores intermediarios, que pueden ser un molusco del género *Littorina*, y el arenque, *Clupea harengus*, penetrando a través de ellos en el rodaballo, y manifestándose por una reacción de melanización a nivel de cada metacercaria, que recibe el nombre de *enfermedad de las manchas negras*, no es una enfermedad grave y se considera que la adquisición de esta parasitosis se realiza en los cultivos en jaulas sumergidas, donde pueden penetrar fácilmente los hospedadores intermediarios parasitados, de los que salen las cercarias, enquistándose como metacercarias en los peces del cultivo.

Patologías provocadas por factores nutricionales

Este tipo de enfermedades son de gran importancia en los cultivos piscícolas, sobre todo en las especies alimentadas con dietas artificiales o en las que estas dietas se utilizan como complementarias ya que pueden estar ocasionadas por un desequilibrio en los nutrientes o por la presencia de factores contaminantes o tóxicos. Si nos referimos a la patología producida por un desequilibrio en los nutrientes, hay que considerar los distintos componentes básicos de sus dietas, es decir, los lípidos, proteínas, carbohidratos y vitaminas.

Respecto a los lípidos, su exceso provoca acumulación de grasa en el hígado, riñón y bazo, con respuesta de tumefacción y amarilleamiento del hígado, anemia, estenosis intestinal, degeneración hepática y renal, pérdida de peso y, en ciertos casos, la muerte. El defecto lipídico causa una detención del crecimiento, necrosis en las aletas, palidez del hígado, edema y depigmentación cutánea, reducción de la hemoglobina, anemia, degeneración hepática y renal y alteración en la natación, realizando movimientos bruscos y rápidos que alternan con períodos de reposo, pudiendo incrementarse la tasa de mortandad. En cuanto a las proteínas, su exceso se ve acompañado por un gasto de energía superior para la excreción de nitrógenos que retrasa la velocidad de crecimiento, pues se produce un mal aprovechamiento de la dieta, mientras que las deficiencias detienen el crecimiento, la actividad se reduce y baja el sistema inmunitario, con lo que los peces se vuelven más vulnerables a las enfermedades infecciosas. La deficiencia en los aminoácidos esenciales provoca la formación de cataratas, estando asociada la cistina con la necrosis hepática, la lisina con el ennegrecimiento cutáneo y pérdida del equilibrio y la metionina con la anorexia y la anemia. Los carbohidratos son menos conocidos, pero su deficiencia produce una disminución de la tasa de glucógeno hepático y una reducción del crecimiento, mientras que el exceso produce incremento del glucógeno hepático, infiltración de grasa en el riñón, degeneración pancreocítica, retraso en el crecimiento, edema, elevación del nivel de glucosa en sangre y aumento de la tasa de mortandad.

El papel que desempeñan las vitaminas en la dieta de los peces no está bien definido, aunque existen síntomas claros de carencias vitamínicas, tales como son la

anorexia y la reducción en la tasa de crecimiento. La vitamina C ejerce una acción primaria en el metabolismo de varias hormonas, aminoácidos, de la carnitina y de las sustancias con grupos sulfrídicos; la deficiencia en esta vitamina provoca una disminución del apetito, el crecimiento se retarda, aparecen deformidades en la columna espinal, hemorragias, anemias, letargia, melanización y una lenta cicatrización de las heridas. Su aporte favorece la respuesta inmunitaria y la excreción de sustancias tóxicas, así como las de iones de metales pesados. Por otra parte, las vitaminas del grupo B, a excepción de la biotina y del ácido fólico, se ha demostrado que son esenciales en estudios realizados en la dorada japonesa, pero posiblemente no suceda lo mismo en otras especies.

Existen dos enfermedades cuyas causas están provocadas por factores de tipo nutricional, conocidas como la *degeneración hepática lipoidea* y la *degeneración visceral lipídica*. La primera de ellas ha sido detectada en peces de cultivo en los que se produce una degeneración lipoide con cirrosis y necrosis del hígado, además de presentar una coloración oscura de la piel y anemia. La *degeneración visceral lipídica* surge a consecuencia de una alimentación en la que abundan las grasas y los carbohidratos. Los síntomas son exoftalmia, abdomen hinchado y edema en el tegumento, apareciendo las vísceras rodeadas de grasas y en algunos casos graves se bloquea la circulación de retorno, produciéndose ascitis. A veces se observa la presencia de cristales de ácidos grasos esparcidos en la cavidad celomática. Síntomas de inanición del comportamiento aparecen cuando se meten en cautividad los peces salvajes en el momento del destete de los juveniles. Se observa por la aparición de un color más sombrío, una carne blanda, las branquias generalmente decoloradas y los alevines en *cabeza de alfiler*. Respecto a la manifestación del *hígado blanco*, éste se da en las dietas con excesos en hidratos de carbono, observándose un depósito exagerado de glucógeno en el hígado (con lo que éste palidece) y una degeneración de las células hepáticas, que puede corregirse con un período de ayuno o aportando una alimentación reducida en azúcares.

Tumores y malformaciones

Las lesiones tumorales son procesos neoplásticos de evolución benigna o maligna, siendo menos frecuentes en las condiciones de cultivo que en las poblaciones salvajes. Los tumores benignos pueden ser fibromas comunes, osteomas y/o lipomas. Los malignos se caracterizan por una proliferación independiente, un comportamiento autónomo y diferenciación anaplásica; dentro de este grupo se encuentran los papiomas, adenomas, epitelomas, adenocarcinomas y los tumores tiroideos.

Respecto a las malformaciones, estas pueden tener un carácter hereditario cuyo origen se observa a través de las deformaciones corporales a lo largo del cultivo larvario, si bien, los individuos más atacados desaparecen rápidamente. No obstante, las causas de estas afecciones son difíciles de establecer, pudiendo deberse a orígenes genéticos, como respuesta a manifestaciones secundarias de enfermedades, por factores dietéticos o bien por el uso de manipulaciones inadecuadas. En muchos

casos su principal importancia radica en el rechazo comercial, si bien, si estas malformaciones afectan a órganos vitales, pueden producir mortandades tanto a niveles larvarios como en adultos.

Prevención y detección

En patología de peces es fundamental hacer un buen diagnóstico para poder comprender la etiología de las enfermedades y por otra parte es también muy importante la utilización de métodos de diagnosis rápidos, que en muchos casos permiten con la aplicación de tratamientos inmediatos salvar la producción total o por lo menos aminsonar las pérdidas. Los análisis que den información sobre las causas de una determinada alteración o patología han de realizarse tanto sobre el animal como sobre los parámetros del medio en el que se desarrolla. Como norma general, hay que tener en cuenta que las enfermedades de peces pueden ser transmitidas por diferentes vías y a menudo son introducidas a través del agua de entrada (afluente) al medio de cultivo. Otra vía de transmisión o introducción la constituyen los movimiento de huevos, nuevos lotes de peces de reclutamiento, pájaros depredadores de peces y sus heces, vehículos de transporte, equipos e incluso por las propias personas empleadas en la piscifactoría; por lo tanto, es preciso mantener unas reglas de higiene que de alguna manera minimicen los posibles problemas que puedan desencadenarse. Entre otras medidas a tener en consideración, los huevos deben de ser adquiridos exclusivamente en piscifactorías libres de enfermedades y desinfectados en el momento de llegar al establecimiento, además siempre que sea posible, serán adquiridos en el mismo centro de donde provienen los huevos y si esto no pudiera ser, los peces deben de mantenerse en cuarentena un período de tiempo apropiado, separados de la población restante y manejados con equipo propio (Bruno *et al*, 1998).

Lo que sin duda es importante en el desarrollo piscícola son las terapias a aplicar ante una situación patogénica, si bien la prevención es fundamental, pudiendo realizarse a base de una serie de medidas que eviten principalmente la transmisión de agentes patógenos a los individuos sanos, a través de tratamientos, entre los que destaca la desinfección que se debe aplicar a los progenitores, huevos, alevines, adultos y a los estanques e instalaciones, así como al material utilizado para el transporte. En líneas generales, en los métodos de prevención hay que llevar a cabo un control de los stocks tanto de los peces como de los huevos, de la calidad del agua y de los sedimentos, acompañado de un estudio de supervivencia de patógenos. La desinfección es una de las principales medidas profilácticas que se realiza principalmente mediante productos químicos y que requiere, en la mayoría de los casos, la adopción de medidas de protección para quien utiliza los desinfectantes.

Otro método preventivo-curativo de gran importancia son las vacunas, las cuales pueden realizarse por vía oral, por inmersión, por pulverización o por inyección. Su principio básico se fundamenta en la inducción de una respuesta humoral o celular frente al agente patógeno que desarrolle una protección respecto a la adquisición de la enfermedad. Los diferentes tipos de vacunas se realizan con células muer-

tas o con células atenuadas. La vacunación puede efectuarse por vía oral, mediante adición a la comida o por inyecciones intracelómicas. Otro método que se está utilizando con buenos resultados es la inmersión en un baño en el que se ha diluido la vacuna en una proporción de 1/10 en agua durante 30 segundos. Como los individuos jóvenes son los más afectados, lo que se hace es vacunar a los juveniles y repetir con una segunda vacunación cuando son mayores y tienen desarrollado su sistema inmunitario.

8.3. Genética

Las mejoras genéticas en el campo piscícola consisten en buscar la eficacia de la selección a partir de determinados individuos para reproducir una población en base a la transmisión de determinadas características a la descendencia, fundamentando esta selección en los rasgos fisiológicos deseados de mejora, entre los que destacan el crecimiento, la resistencia a las enfermedades y la fecundidad. Indudablemente, para mejorar cualquier carácter es necesario disponer de poblaciones variables que permitan seleccionar un grupo de individuos genéticamente diferentes, en los que exista una diversidad importante, propiedad que se presenta con mayor intensidad y frecuencia en las poblaciones naturales, las cuales constituyen el recurso último de que dispone el hombre como fuente de disparidad genética; en este sentido, la pesca intensiva de muchas especies y la captura de los individuos de mayor tamaño ha llevado a una fuerte selección negativa en cada generación y ha conducido en múltiples casos a una disminución del tamaño medio poblaciones. Otras veces, de forma consciente o inconsciente, el hombre ha «contaminado» genéticamente las poblaciones naturales con la introducción de nuevas variedades, lo que ha conducido en más de una ocasión a la desaparición de la población original, por tanto, lo importante para el desarrollo piscícola es disponer de recursos naturales procedentes de poblaciones mixtas genéticamente diferenciadas, pues la supervivencia y la conservación de las estructuras genéticas procedentes de estas poblaciones es de gran utilidad para complementarse con estudios realizados en poblaciones alteradas, por lo que se debe de actuar sobre la protección de los *pool* génicos naturales, la gestión y mejora de los stocks de reproductores, la puesta a punto de técnicas que permitan obtener una mejor comprensión de la composición de las poblaciones salvajes y domesticadas y la aplicación de programas de selección para la resistencia a las enfermedades, considerando si la selección va encaminada hacia la respuesta a una enfermedad concreta o hacia una respuesta inmunitaria no específica. También hay que determinar si un pez resistente a una enfermedad puede ser un portador sano de agentes patógenos.

Es relativamente frecuente que en la práctica los piscicultores realicen una selección individual basada en la fertilidad o en la velocidad de crecimiento, en el convencimiento de que la descendencia ha de heredar necesariamente tales características. Los peces tienen dos ventajas para la aplicación de técnicas de selección;

una de ellas es el elevado número de descendientes que pueden obtenerse a partir de una sola pareja de reproductores y la otra consiste en la diversidad que presentan individuos de la misma edad respecto al crecimiento, lo que relacionan algunos autores con sus aptitudes genéticas, que sólo se expresan en condiciones de competencia. En base a ello y mediante experiencias realizadas partiendo de reproductores con un buen peso, la descendencia no ha expresado esas características de diversidad en el crecimiento al criarse en condiciones no competitivas, hecho indicativo de que la selección individual no es eficaz, ya que es difícil estimar el valor genético de un individuo, recurriendo en estos casos a la selección de familias. En consecuencia, para desarrollar programas de mejora hay que fijar los siguientes objetivos:

- El control de su ciclo vital.
- Que sea posible evaluar individualmente una serie de generaciones en sistemas de cultivo similares.
- Que puedan ser identificados fácilmente los individuos de la población por signos externos o por marcadores genéticos.

Estos objetivos son difíciles de lograr, pues al parecer la heredabilidad es baja respecto a estos caracteres, y además porque cada uno de ellos son muy variables y dependen de muchos otros factores, incluyendo la condición de agresividad, la correlación entre edad y crecimiento y la diferente heredabilidad. La gestión genética de un cardumen es imposible sin el conocimiento total del ciclo reproductivo que solo permite la transmisión de los caracteres seleccionados en una población a la generación siguiente. La intervención de la genética en la reproducción y el control del sexo dan la posibilidad de hacer cruzamientos interespecíficos e intraespecíficos, la producción de tetraploides y triploides, la reversión del sexo y la ginogénesis.

La madurez sexual está asociada con una serie de reacciones fisiológicas, como la mayor sensibilidad al estrés y a las enfermedades, aumento de la agresividad, que es mayor en los machos que en las hembras, siendo la solución para eliminar estos efectos negativos la producción de stocks constituidos por hembras o por individuos estériles, a través de técnicas que actúen sobre el control sexual, la monosexualidad y la esterilidad. La ingeniería genética permite modificar el genoma de un organismo y producir individuos estériles o monosexuados, asimismo, la manipulación de gametos y la conservación de los mismos por crioconservación permiten realizar fecundaciones *in vitro* fácilmente controlables por los genéticos, que facilitan la disponibilidad de un banco de gametos con variación genética para aplicar en programas de mejora. Una selección de reproductores, para obtener buenas producciones, tiene que partir de un estudio de varias progenies, mediante repetidos ensayos de fecundación artificial, teniendo en cuenta la correlación entre los caracteres y su interacción con el medio y pudiendo establecer la correlación genética en función de la heredabilidad de dos o más caracteres (Bautista, 1991).

Estrechamente unido a los desarrollos selectivos se presenta un fenómeno grave para los cultivadores, la endogamia, si bien estos efectos pueden ser superados gracias a los procesos de hibridación. Antes de empezar cualquier acción de tipo

selectivo hay que planificar cuidadosamente el stock base a elegir y el sistema mejor de cruzamientos para establecer la estructura poblacional óptima y el mantenimiento de la suficiente heterocigosis, sin embargo, a pesar de estas precauciones, la depresión endogámica es frecuente, siendo la salida a este problema el cruzamiento entre líneas diferentes, entre cepas, variedades o incluso especies, es decir, la hibridación en su más amplio sentido. Esta hibridación va encaminada hacia las ventajas de la heterosis, que cuando ésta se observa en la primera generación significa que es positiva. El problema es que, en general, los híbridos tienen menos viabilidad o son menos productivos que sus progenitores, ya que pueden ser fértiles o estériles, por lo que antes de su utilización se debe comprobar su madurez sexual y la fertilidad de sus gametos. Si son estériles pueden ser introducidos en el medio natural sin ningún problema, pero si son fértiles su introducción puede modificar y dañar el *pool* de genes de las poblaciones naturales. Las ventajas de los híbridos se refieren principalmente al aumento de la heterocigosis, que representa un buen punto de partida para la realización de programas de selección. El principal objetivo del cruzamiento es la utilización de la heterosis o vigor híbrido que es el vigor extra que excede al de los parenterales. La forma más sencilla de describir la heterosis es como el fenómeno contrario a la depresión consanguínea, esto es, como el aumento del valor medio de los caracteres que ocurre en la descendencia de cruzamientos entre líneas. La base genética de la heterosis es el hecho de que diferentes poblaciones son portadoras de alelos para un mismo carácter. Por tanto, los híbridos serán heterocigotos para un número mayor de loci que las razas parentales y si los genes que aumentan el valor del carácter son dominantes respecto a los que lo reducen el comportamiento del híbrido será superior al de la media parental.

8.4. Sistemas de cultivo

El ciclo de vida de los peces comprende varias fases, puesta y fecundación de huevos, eclosión y desarrollo larvario y finalmente la de crecimiento hasta que alcanzan la talla de adultos. Para cada una de estas fases son aplicables varios sistemas, los cuales estarán en función de los diversos parámetros, tanto tecnológicos como aquellos que implican las variables del medio y obviamente los relativos a las especies a cultivar.

Obtención de alevines

La obtención de los alevines en el caso de este grupo de especies se realiza básicamente por medio de puestas inducidas, aunque como hemos visto en otros apartados también pueden conseguirse mediante capturas de alevines, sistema que se utiliza básicamente para la obtención de alevines de anguila, por la imposibilidad de lograr la reproducción en cautividad.

Nos referiremos a la obtención de alevines a partir del control de la reproducción de las especies. La producción, por tanto, va a depender de los progenitores en cautividad, su maduración, ovulación, fecundación e incubación en sistemas cerrados o abiertos de agua circulante. Los reproductores, que pueden proceder de capturas en el medio natural o bien a través del sistema más generalizado en la actualidad, es decir, ser ejemplares que se mantienen en depósitos procedentes del cultivo, destinados para tal fin, pues bien, estos progenitores generalmente se instalan en piscinas o depósitos de grandes volúmenes, con el fin de limitar al máximo los estrés dimensionales, controlando las condiciones de agua y la alimentación, la cual será fundamentalmente a base de productos frescos, tales como moluscos y peces triturados y de piensos de alta calidad. Según la especie a producir así se determinará la densidad de reproductores, por ejemplo, en el caso de la dorada, se recomienda que se instalen en una carga media de 1 a 1,5 kg de peces por m^3 , es decir, el equivalente a un pez por m^3 para los pequeños progenitores o bien un pez por 3 ó 4 m^3 para progenitores de 5 a 6 kg, mientras que en el caso de la lubina se pueden cultivar 2 kg de reproductor por m^3 de agua. Para los salmónidos, concretamente, los reproductores de trucha tienen que mantenerse a temperaturas no superiores a los 12 °C durante un período de tiempo mínimo de unos 6 meses, manipularlos con mucho cuidado durante las operaciones de selección y desove, alimentarlos con dietas especiales que no tengan como elemento base semillas algodonosas y esperar que alcancen el adecuado grado de madurez, el cual se detecta en las hembras por la mayor o menor dureza al tacto de la región abdominal, siendo muy blanda en las hembras maduras y bastante dura en las inmaduras, así como por cambios en la pigmentación. Estos reproductores en general se alimentan diariamente en proporciones de alrededor del 1% de su peso corporal, recibiendo preferentemente nutrientes frescos (moluscos y peces triturados) de forma que se evite cualquier carencia alimenticia (Quillet y Camaret, 1982) (Fig. 38).

Las puestas pueden ser naturales espontáneas, a partir de la maduración de los progenitores mantenidos en cautividad bajo condiciones óptimas de fotoperíodo y temperatura, sin ser sometidos a ningún tipo de tratamiento, o bien inducidas, es decir ejerciendo un control sobre la reproducción. La inducción puede realizarse a base de tratamientos hormonales o actuando sobre la regulación de diversos factores ambientales. Los tratamientos hormonales se llevan a cabo mediante la aplicación de inyecciones intraperitoneales o intramusculares en la base posterior de la segunda aleta dorsal, empleando para ello extractos de pituitaria, gonadotropinas de peces o gonadotropina coriónica humana (GCH), también se utilizan análogos estructurales de hormonas liberadoras hipotalámicas, las cuales vienen dando puestas de buena calidad. Respecto a la inducción, a través de la regulación de los factores ambientales, esta se lleva a cabo actuando sobre los parámetros de temperatura y fotoperíodo.

Durante la época de puesta, los huevos son emitidos por las hembras y fecundados por los machos, recogándose por varios sistemas, si bien el más usual se basa en el hecho de que los huevos viables flotan y los no fecundados caen al fondo del depósito de puesta, pudiendo ser retirados mediante sifonado (Fig. 39). La tempera-

Figura 38

Tanques de estabulación de reproductores



tura de puesta varía con la especie y suele ser de 13-15 °C para el rodaballo, de 14-19 °C para la dorada y de 10 a 14 °C para la lubina. Cuando las hembras no liberan los huevos espontáneamente se utiliza la técnica de masaje abdominal, mediante la cual se extraen estos de la hembra y el esperma de los machos y se realiza la fecundación artificial. En el caso de los salmónidos, se pueden emplear dos métodos, el método seco o el método húmedo, si bien la más utilizada es la vía seca que da lugar a una fecundación casi total de los huevos.

Una vez fecundados los huevos se incuban, variando el tiempo de incubación según la especie, la temperatura y otros factores tales como oxígeno, salinidad, etc. Este proceso suele durar entre 5 y 6 días, obteniéndose así las larvas que serán trasladadas a los depósitos larvarios, los cuales suelen ser tanques de fibra de vidrio o poliéster de forma cilíndrica (Fig. 40). Estos depósitos están adaptados para controlar la temperatura del agua y además poseen sistemas de aireación que sirven para homogeneizar el medio e impedir las ensabladuras de las larvas, permitiéndoles posicionarse convenientemente en el recinto del cultivo, a la vez que la aireación facilita la distribución del alimento. La salida del agua en estos tanques se sitúa en la base, con lo que se facilita la recogida de las larvas y se ayuda a las mismas a mantenerse en la columna del agua. La renovación del agua tiene que ser continua y progresiva, asegurando la permanente depuración del medio, evitando las posibles infecciones, ya que a este nivel del ciclo de desarrollo los organismos son especialmente sensibles y frágiles.

Figura 39

Esquema de un depósito de desove con sistema de recuperación de huevos

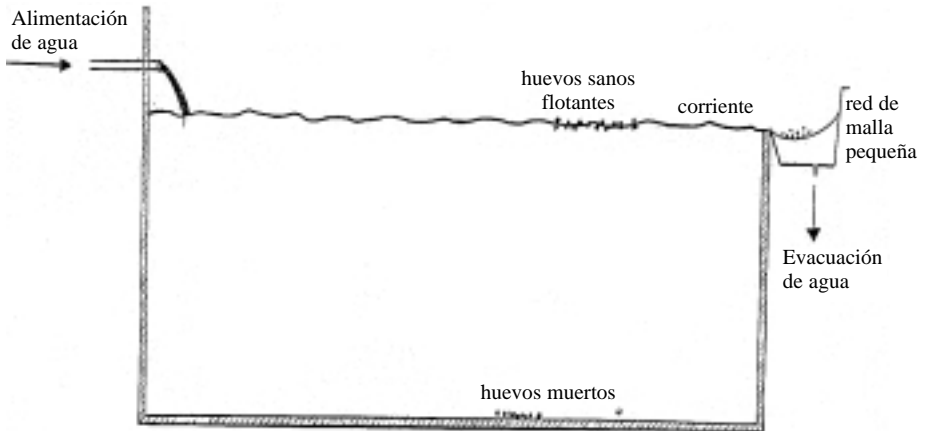


Figura 40

Tanques de cultivo larvario



El traspaso de las larvas desde el incubador a los depósitos larvarios es un proceso muy delicado, debiéndose de mantener en un inicio las mismas condiciones ambientales, de temperatura y salinidad y controlando la tasa de oxígeno del agua de forma que el nivel sea suficiente con el fin de que el proceso respiratorio pueda desarrollarse con normalidad, teniendo en cuenta que inicialmente las necesidades son bajas y que éstas se van incrementando a medida que las larvas aumentan de tamaño.

El cultivo larvario se subdivide en tres períodos, ligados a la evolución de la alimentación, que corresponden a:

- La reabsorción del saco vitelino.
- La alimentación con presas vivas.
- La alimentación con alimentos artificiales.

Las larvas recién nacidas se nutren a expensas de sus reservas vitelinas, es decir, la alimentación es endógena, que en el caso de los peces marinos puede durar entre los 3-6 días en que ya pueden capturar presas del medio y comenzar la alimentación exógena, mientras que en los salmónidos puede prolongarse entre 2 y 6 semanas. Los organismos vivos utilizados para la alimentación deben de tener un tamaño suficientemente pequeño que les permitan ser ingeridos por las larvas y además han de poseer los nutrientes requeridos para un buen desarrollo, estos nutrientes son a base de fitoplancton, Rotíferos, *trocóforas* y *velígeres* de bivalvos, *nauplios* de Copépodos, *nauplios* de *Artemia*, etc., si bien las secuencias de la alimentación van a depender de las especies de peces cultivados.

A modo de ejemplo, vamos a referirnos a algunas secuencias alimentarias, tal como en el caso de la dorada, especie cuyas larvas viven únicamente de sus reservas vitelinas durante 3 a 4 días, al 4.º día la boca de la larva se abre y con ello comienza la alimentación llamada activa. Esta boca, que es muy pequeña, los primeros días no permite nada más que la ingestión de presas muy reducidas, posteriormente serán de más en más voluminosas. El régimen base es el siguiente, del 4.º al 12-15.º día, las larvas se alimentan tradicionalmente de Rotíferos, se trata de organismos que presentan la ventaja de tener movimientos incesantes en la masa del agua, lo que estimula a las jóvenes larvas, cuya organización sensorial está completa en este estado, por otra parte, la baja vitalidad del Rotífero no le permite escapar a sus depredadores, además serán suministrados en altas densidades, ya que las larvas son todavía pasivas por lo que es necesario multiplicar las posibilidades de encuentro larva-presa. En la fase posterior, del 12-15.º días al 30-40.º días se reducen las tasas de Rotíferos y se van introduciendo en el medio los *nauplius* de *Artemia* en cantidades crecientes, después *metanauplius* enriquecidos, posteriormente juveniles y al final adultos de *Artemia*. En el caso de la lubina, al cuarto día después de la eclosión del huevo su vesícula vitelina, con la que ha nacido y que le ha servido de alimento, ha sido ya consumida y es a partir de entonces cuando comienza la alimentación artificial que para esta especie puede realizarse bajo el siguiente protocolo, del 3 al 6.º día *trocóforas* de mejillón, del 6 al 15.º día Rotíferos, 15 al 20.º día *nauplius* de *Artemia* y Copépodos y del 20.º en adelante mezclas con granulados y harinas de pescado. De forma general, la alimentación para rodaballo y lubina se realiza del 4.º al 12-15.º día con Rotíferos, y entre los días 15-25 con *nauplios* de *Artemia* y poste-

riormente *metanauplios* enriquecidos (Tabla 29). En los salmónidos, tras la absorción del saco vitelino comienzan su primera alimentación, la cual, debido a que tienen un tamaño de boca suficiente, estas especies pueden ingerir dietas secas comerciales.

Tabla 29

Esquema alimentario para cultivos larvarios a 20 °C
(según Devauchelle *et al.*, 1982)

	<i>B. plicatilis</i> (0,2 mm)	<i>Nauplius Artemia</i> (0,5 mm)	<i>Artemia</i> (1 mm)
Lubina	2 a 18 días	Del 10.º al 30	A partir de 28 días
Rodaballo	2 a 12 días	Del 8.º al 25	A partir de 18 días
Dorada	4 a 15 días	Del 15.º al 40	A partir de 40 días

Los principales determinantes del valor nutritivo de una dieta para las larvas son el contenido y tipo de ácidos grasos esenciales en el alimento vivo. En este sentido, los niveles de ácidos grasos en los Rotíferos van a depender de la cantidad presente en su dieta, de modo que si se alimentan con levadura de panificación, carecerán totalmente de estos ácidos, mientras que si se alimentan con la especie de alga *Chlorella*, que contiene niveles aceptables, entonces poseerán dosis suficientes de ácidos grasos. El contenido en *Artemia* de dichos ácidos viene determinado por el origen geográfico de la cepa y por las condiciones ambientales previas a la formación de los cistes. El valor nutritivo de las presas vivas puede ser mejorado enriqueciéndolas con emulsiones lipídicas que incorporan los ácidos grasos esenciales. Como norma general podemos decir que el aporte de materias grasas en la alimentación de los peces es indispensable, ya que cuando se utilizan regímenes sin materias grasas se observa un retraso en el crecimiento además de ciertas lesiones dérmicas y, por otra parte, las materias grasas y más particularmente los ácidos grasos esenciales que contienen esas materias grasas son indispensables para la supervivencia, la salud y la reproducción (Tabla 30).

Tabla 30

Necesidades en ácidos grasos para algunas especies de peces
(Kaushik, 1990)

Especie	Necesidad (% de la ración)
Salmón	1
Carpa	1
Anguila	0,5
Rodaballo	0,8
Dorada	0,4

La alimentación con piensos artificiales constituye el tercer período, llamado fase de destete, entendiéndose por tal el hecho de acostumbrar a los juveniles al alimento inerte que reemplazará al vivo, siendo indispensable esta adaptación para que haya un posterior crecimiento. La alimentación inerte puede ser natural muerta (carne de moluscos, crustáceos y peces triturados) o bien a base de harinas compuestas artificialmente. La edad de inicio del destete para la lubina y la dorada debe comenzar a partir del 30.º día y en el rodaballo un poco antes, es decir hacia el día 25 utilizando como alimento de transición *Artemias* secas. Como norma general, el alimento inerte se introduce progresivamente y con preferencia en la comida de las mañanas, ya que es el momento en el que los alevines están más hambrientos. En el caso del alimento artificial se mezcla con la carne de pescado triturada para así aclimatar a los alevines.

Las principales cualidades que deben de cumplir los alimentos destinados a utilizar en la fase del destete son:

- Una composición que asegure la cobertura de las diferentes necesidades nutricionales del animal.
- Estabilidad en el agua evitando la contaminación de los estanques y la descomposición de los nutrientes.
- Apetencia.
- Talla pequeña, compatible con la de la larva.
- Los alimentos deben de presentar una cierta flotabilidad; toda partícula caída al fondo del depósito es inmediatamente desusada, siendo únicamente las presas vivas las que son consumidas.
- El alimento vivo debe de poder ser cultivado en grandes cantidades, con facilidad y al mínimo coste.

Preengorde

La etapa de preengorde se realiza a partir de los alevines obtenidos bajo las condiciones descritas anteriormente y con los alevines capturados en el medio, tal como sucede en el caso de la anguila, que se cultiva a partir de las pequeñas angulas. En lo referente a alevines de dorada, lubina, rodaballo y los salmónidos, el cambio a esta fase consiste básicamente en una adaptación a una nueva alimentación. Los pequeños alevines de 1 a 2 g se instalan en depósitos más grandes, cuyas formas y estructuras pueden variar, pudiendo ser rectangulares o circulares y similares en su construcción a los utilizados en los cultivos larvarios y postlarvarios (Fig. 41).

Respecto a la anguila, el sistema de preengorde consiste básicamente en acondicionar las angulas o angulitas a un determinado tipo de alimentación y de producción, esta etapa se realiza en depósitos de pequeñas dimensiones, en general de cemento, partiendo de ejemplares con un peso de unos 0,20 g, los cuales se someten a un proceso de adaptación al agua salada, proceso que dura unos días y durante el cual se alimentan a base de huevos de peces y de *Artemia*, para progresivamente irle adicionando crustáceos finamente triturados, vitaminas y sales minerales. La curva

Figura 41
Tanque de preengorde



de evolución de crecimiento es completamente distinta al resto de las especies piscícolas, por lo que el régimen alimenticio debe de ser controlado (Pardellas y Polanco, 1987). Las anguilas responden a los estímulos a los que se someten, así, ante experiencias de diferentes alimentos (Huzar, 1985), se comprobó que «prefieren» la alimentación basada en peces grasos y crustáceos; ante una disminución en los niveles de O_2 reaccionan agrupándose y situándose hacia el aire libre o en los bordes de los depósitos, por otra parte, los descensos de temperatura repercuten en el descenso del apetito y la vitalidad.

Los salmónidos, concretamente en el caso de preengorde de truchas, se instalan en estanques de fondo natural o en estanques artificiales de diversas formas, preferentemente circulares y situados en el exterior. Si el cultivo es de salmón, la etapa de preengorde en agua dulce concluye con la *esmoltificación* y, a partir de esta fase, ya se pueden transferir a instalaciones de engorde en agua de mar. Respecto al rodaballo, al ser los alevines ya peces planos y por tanto no aprovechar la columna del agua, los tanques que se emplean en la fase de destete pueden seguir siendo utilizados para el preengorde y estos son generalmente cuadrados, pequeños y fáciles de limpiar, controlándose bien los alimentos secos. Para la lubina o la dorada, al ser peces cilíndricos y muy nadadores, el tipo de estanque ha de ser grande, redondo o cuadrado, con mayor profundidad que los empleados en la fase precedente.

Engorde

Las diferentes especies de peces que se estén cultivando se implantan en las estructuras de engorde cuando ya poseen un tamaño que permita efectuar este traslado sin fuertes riesgos de pérdidas, variando el tamaño en función de la especie de que se trate, así, por ejemplo para la lubina, dorada y rodaballo se recomienda que tengan un peso entre 20 y 40 g y la anguila entre 4 y 6 g, mientras que en el caso de los salmónidos dependerá de la época de traslado desde el agua dulce a la salada, de forma que para la trucha si se realiza entre octubre y enero, éste debe de hacerse con ejemplares entre 150 y 200 g (soportan con este peso el paso directo sin necesidad de ser sometidos a un período de preadaptación) y para el salmón, si se hace en mayo, será con ejemplares de entre 15 y 20 g mientras que si se hace en octubre, será con un peso entre 80 y 100 g. Los tanques de engorde pueden ser de diferentes formas, rectangulares (Fig. 42), cilíndricos, o bien pueden engordarse en jaulas (Fig. 21).

Una fase importante del cultivo es la transferencia al mar de los salmónidos, que sin duda se trata de una operación delicada que únicamente puede realizarse en ciertas épocas del año y con peces de talla mínima en un momento preciso. La transferencia puede hacerse de manera progresiva o directa, según la época, la

Figura 42
Piscinas de engorde



especie, la talla y las características del medio marino y el transporte será en condiciones de:

- Sobresaturación de oxígeno.
- Cambio paulatino de las diferencias de temperatura entre el agua de origen (dulce) y la receptora (salada).
- Preparación previa al transporte mediante alimentación que contenga un 10% de sal que estimule los mecanismos fisiológicos y enzimáticos de excreción de la sal.
- Transferencia progresiva respecto a la salinidad, desde 10 a 35%.

La alimentación debe de suministrarse dos veces al día, excepto en las épocas en que la temperatura sea inferior a 10 °C ya que en esas condiciones es suficiente con suministrarles comida una sola vez.

Las truchas se engordan preferentemente en estanques de forma rectangular que permite un buen reparto de los alimentos, así como una buena circulación del agua ya que son atravesados por una corriente abundante, pues en la salmonicultura es primordial la utilización de aguas limpias al tratarse de especies muy sensibles a las contaminaciones orgánicas. El agua debe ser abundante, fresca, continuamente en renovación y rica en oxígeno disuelto en agua, cuyo mínimo para cultivar salmónidos es de 6 mg/l, ya que por debajo de 5,5-5 mg/l de oxígeno, estas especies en crecimiento presentan dificultad para respirar. Las exigencias térmicas de los salmónidos varían según la especie, la procedencia y el estado de desarrollo, aunque se puede decir que, en general, son especies de aguas frías. La trucha tiene como límites térmicos, para un crecimiento y desarrollo adecuados, los 9-18 °C, con una temperatura óptima de 15 °C. La densidad de animales estará en función de la posibilidad de renovación del medio, es decir, del caudal de agua limpia disponible y también de la temperatura. Los salmónidos no aceptan la comida en el suelo, aprovechándola únicamente cuando está en plena caída, de modo que las mallas del fondo de los depósitos son muy útiles al dejar pasar los restos no utilizados que sólo sirven para contaminar el agua. Se ha comprobado que si los granos de pienso son administrados en pequeñas y frecuentes cantidades serán todos ellos aprovechables y, en consecuencia, el pez los digerirá más fácilmente. En cambio, si se les procuran grandes cantidades en pocas veces, siempre irá a parar a la boca de los más voraces, por tanto, los más débiles necesitan frecuencia y no cantidad. Una vez introducidos en las balsas flotantes, la alimentación intensiva de granulados húmedos acelera su período de engorde. De modo general, la alimentación de salmónidos debe de contener más de un 15% de lípidos ya que la riqueza en los mismos produce una excelente digestibilidad de las materias grasas a base de aceites de pescado que aportan una energía más concentrada que la disponible en las proteínas e hidratos de carbono.

Para la anguila la tasa de saturación de oxígeno está entre 60-80%, la temperatura entre 11 y 27 °C, la densidad de población entre 8 y 30 kg/m², el pH próximo a la neutralidad y los nitratos inferiores a 2 mg/l. Respecto a las especies marinas el incremento de intensidad lumínica mejora los parámetros de crecimiento y de rendi-

miento alimentario (Hidalgo *et al.*, 1993). La lubina se acomoda muy bien a una alimentación compuesta seca, pero el rodaballo parece preferir la húmeda, mezcla de diversas harinas secas con una mezcla de peces o de moluscos. En lo que concierne a los lípidos, los peces marinos sintetizan muy lentamente (o generalmente no llegan a sintetizarlos) los ácidos grasos poliinsaturados por lo que deben encontrarlos en su dieta alimenticia, siendo la fuente esencial de estos ácidos grasos los aceites de peces, de forma que imperativamente deben estar presentes en la ración alimenticia. Los glúcidos pueden ser utilizados por los peces, pero están generalmente considerados como responsables de las sobrecargas grasosas que se observan frecuentemente en las especies de cultivo, tanto en el mesenterio como en el hígado y el músculo.

Podemos decir que las deficiencias nutricionales de los animales acuáticos pueden producirse por desequilibrio en los nutrientes y/o presencia de factores anti-nutritivos, contaminantes o tóxicos. Entre los primeros hay que prestar atención a las proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. El desequilibrio en las proteínas se debe tanto a un exceso como a un defecto en las mismas. Si este es por exceso, entonces se puede provocar un gasto de energía adicional en la eliminación del exceso del nitrógeno, acompañado de una caída en la velocidad de crecimiento. Si por el contrario, estamos ante una disminución del nivel proteico, podemos observar cómo se provoca detención del crecimiento, acompañada de reducción en la actividad así como cambios sustanciales en el sistema inmunitario, que hace que los peces sean más vulnerables ante las infecciones e infestaciones. Respecto a los lípidos, una alimentación inadecuada provoca ciertos desequilibrios, tanto por exceso de lípidos totales en la dieta como por insuficiencia en el aporte de ácidos grasos esenciales. El exceso de lípidos totales ocasionan alteraciones con efectos de reducción de la ganancia de peso e, incluso, la muerte y el desequilibrio en ácidos grasos esenciales trae consigo reducción del crecimiento, empeoramiento del índice de conversión e, incluso, incrementos en el porcentaje de mortalidad. En general, el insuficiente aporte de lípidos o ácidos grasos esenciales en la dieta tiene graves efectos sobre las especies explotables.

Los carbohidratos son otros de los constituyentes fundamentales en la dieta, e igualmente, se producen efectos indeseables tanto por exceso como por defecto en su contenido. Los bajos niveles suponen reducción de la tasa de glucógeno hepático procedente de los mismos, mayor utilización de proteína como fuente de energía y, por tanto, reducción del crecimiento y disminución de la vitalidad. Por otra parte, el exceso produce incremento del glucógeno hepático que puede llegar a infiltración, tumefacción del hígado, infiltración grasa a nivel renal, degeneración de las células pancreáticas, crecimiento retardado, edema, elevación del nivel de glucosa en sangre, incluso, pueden registrarse niveles elevados en el porcentaje de mortalidad.

Los desequilibrios vitamínicos de una dieta van a producir efectos que estarán en función del tipo de vitamina, debiendo de prestar atención especial a los aportes en las vitaminas A, D, E, K, grupo B y C.

Respecto a las necesidades minerales, estas variarán enormemente, a la vez que existen un gran número de interacciones entre ellos mismos para el correcto funcionamiento fisiológico del animal, así, podemos destacar que las deficiencias en fósforo, en magnesio, en hierro, en selenio y en zinc, provocan alteraciones de tipo patológico nutricional, mientras que el exceso y/o la carencia de cobre y manganeso produce depresión del crecimiento y pérdidas del equilibrio.