

6. Cultivo de moluscos

6.1. Biología: especies cultivables

Las especies que van a ser objeto de este estudio pertenecen a la clase de los Bivalvos, presentando todas ellas una serie de características comunes, motivo por el cual haremos en primer lugar un análisis general para posteriormente referirnos a ciertas particularidades en cada una de ellas.

Morfología

Una de las principales características de los moluscos Bivalvos es la posesión de una concha que está constituida por dos valvas de naturaleza calcárea, unidas entre sí por la región dorsal y articuladas gracias a una charnela la cual posee unos dientes que forman el engranaje, el cual hace posible el movimiento de apertura y cierre. La forma, posición y números de estos dientes varía según las especies. Las dos valvas pueden ser iguales entre sí o bien presentar diferencias en mayor o menor grado, variando su superficie externa según las especies e incluso dentro de una misma especie según las zonas de desarrollo. Cada una de las valvas presenta un ápice o vértice que es el punto inicial a partir del cual la concha va creciendo, quedando marcados los períodos de desarrollo por unas líneas llamadas «de crecimiento». En la formación de esta concha juega un papel esencial el manto, que es una hoja de tejido conjuntivo que contiene músculos, vasos sanguíneos y nervios, recubiertos por un epitelio unicelular. Se distinguen dos lóbulos, soldados uno al otro en el borde anterodorsal, formando el capuchón cefálico que recubre la boca y los palpos labiales. Los bordes están libres en la región ventral, siguiendo el contorno de la concha. El espacio libre comprendido entre los dos lóbulos del manto forma la cavidad paleal. Los bordes del manto están provistos de órganos sensoriales y pueden estar libres o soldados en mayor o menor proporción. Cuando el espacio soldado es máximo, ha de presentar tres aberturas, una para la salida del pie y las otras dos para la entrada y salida del agua a la cavidad paleal. De estos dos orificios, el situado más ventralmente es el que da entrada al agua y recibe el nombre de inhalante o branquial, encontrándose rodeado de papilas sensitivas; el de posición más normal es el llamado exhalante o anal y da salida al agua de la cavidad paleal al exterior. La importancia del manto es enorme no sólo porque de él depende la formación de la concha y del ligamento sino que ayuda a la continua circulación del agua en la cavidad paleal.

La apertura de la concha depende de la elasticidad de un tejido especial formado por el manto, llamado ligamento, situado al lado de la charnela. Este ligamento puede ser interno o externo. Por el contrario, el cierre de las valvas es activo y se realiza gracias a los músculos abductores que van internamente de una valva hasta

la otra atravesando el cuerpo del animal. Estos músculos son generalmente dos y según la posición que ocupan reciben los nombres de abductor anterior y abductor posterior. Pueden ser de igual o de diferente tamaño, según las especies, e incluso en algunas el músculo abductor anterior llega a desaparecer por completo, por lo que un único músculo abductor que ocupa una posición más o menos central es el encargado de cerrar las valvas. En el interior de las valvas se pueden observar varias impresiones, por una parte aquellas que dejan los músculos, o impresiones musculares y por otra la que deja el borde del manto o impresión paleal.

La estructura interna de las valvas se distribuye en tres capas, la más externa, de naturaleza orgánica, el periostraco, habitualmente tan delgada que no se aprecia a simple vista, excepcionalmente puede ocurrir lo contrario y alcanzar tal magnitud que necesariamente debe ordenarse en capas paralelas, por ejemplo, en los Ostreidos, cuya superficie externa alberga una notable fauna acompañante entre las distintas láminas. La capa intermedia o mesostraco formada por prismas de calcita, aragonito o vaterita, recubiertos por una matriz orgánica. La capa interna o endostraco se halla organizada mediante láminas de calcita situadas paralelamente entre sí y a la superficie de la valva, lo cual confiere elasticidad en los esfuerzos mecánicos de apertura y cierre de la concha. No obstante, entre estas láminas se intercalan unas delgadas capas de naturaleza proteínica, y por tanto lábil, que se hidrolizan por orden de antigüedad al mismo tiempo que otras nuevas se generan.

En el interior de la concha se encuentra dispuesto el cuerpo protegido por cada una de las valvas. Su organización es muy sencilla, posee la masa visceral, el pie y el manto. La masa visceral tiene la forma de una pequeña bolsa, en ella se encierran los órganos internos, aparato digestivo, circulatorio, excretor y reproductor.

El pie está constituido por una masa musculosa, de posición ventral con respecto a la masa visceral y de diferente desarrollo según las especies. Se relaciona con el movimiento, considerándose como un órgano excavador en todos aquellos casos en que la especie vive enterrada en la arena. Puede ser también, como en el caso del mejillón, el órgano fijador, por estar provisto de una glándula especial llamada biso, que se sitúa en la base del pie y segrega una sustancia en forma de filamentos que, en contacto con el agua, se solidifica fijando el animal al substrato.

Ecofisiología

Son animales típicamente bentónicos, tienen todos ellos una estrecha relación con el fondo, aunque con tipos distintos de vida, pues pueden ser excavadores, nadadores o sésiles. La línea evolutiva ha penalizado la locomoción pese a las relativas ventajas que ello pudiera suponer.

Los principales factores que influyen en su desarrollo son la temperatura, iluminación, salinidad, cantidad de oxígeno disuelto en las aguas, naturaleza de los fondos, movimiento de las aguas, nutrientes, etc. Tal vez el factor ambiental de mayor importancia sea la temperatura, ya que a pesar de ser animales euritermos la supervivencia de estas especies está siempre dentro de unos límites de temperatura, influ-

yendo sus variaciones directamente en todos los procesos biológicos. Al aumentar la temperatura, el metabolismo se hace más activo, traduciéndose en un aumento de la velocidad del movimiento ciliar y, por tanto, de la cantidad de agua bombeada, del ritmo respiratorio y del ritmo cardíaco, asimismo, la apertura de las valvas es otra función dependiente de este factor, en combinación con la iluminación, de forma que la actividad ciliar se para por debajo de una determinada temperatura, pero ciertas especies, si tienen un nivel de iluminación favorable, la continúan por debajo de la misma, aunque se va haciendo progresivamente más lenta e irregular.

Igualmente, un aumento de la temperatura provoca un incremento en la actividad del bombeo de agua y con ello un incremento del agua filtrada a través de las branquias, se encuentra sometido a un ritmo dependiente de la temperatura. En definitiva, las temperaturas altas favorecen la introducción de mayor cantidad de agua en la cavidad paleal, las branquias filtran más alimento, es decir, tiene mayor capacidad de nutrirse, pero a la vez se desencadenan factores adversos, tales como un mayor consumo de oxígeno y en ciertas poblaciones una mayor proliferación de agentes patógenos. El ritmo sexual también está definido por la temperatura admitiéndose que existen temperaturas mínimas favorables para el inicio y el desarrollo normal de la gametogénesis, así como la temperatura mínima crítica debajo de la cual las emisiones de los productos sexuales no pueden producirse. Además, la emisión de los productos sexuales cuando las especies han alcanzado el estado de madurez está determinado por diversos estímulos, entre los que se destaca la variación de este factor, cuyo cambio brusco (en 1 ó 2 °C) tiene en general como consecuencia la emisión de los gametos (Lucas, 1965). Las bajas salinidades provocan alteraciones en la respiración al elevarse la cantidad de CO₂ en la sangre y, por otra parte, estimulan la liberación de gametos maduros.

La naturaleza de los fondos y la agitación del agua son factores que determinan cambios morfológicos en las conchas, debido a que cuanto más inestable es un fondo, más difícil resulta el anclaje del animal que vive enterrado y en estos hábitats las valvas se hacen más espesas y las costillas más marcadas que cuando se encuentran en fondos arenosos y fangosos. Asimismo, las especies sometidas a una agitación intensa de las aguas, se defienden de esta fuerza externa endureciendo sus conchas, lo que generalmente se traduce en una pérdida del peso de la carne. Otro factor que influye en el desarrollo de los moluscos es el grado de acidez de las aguas, en el sentido de que un aumento de la misma provoca una disminución de la actividad ciliar.

Reproducción

Los moluscos Bivalvos se reproducen sexualmente. Algunas especies son unisexuales sin manifestar dimorfismo externo, aunque internamente se puedan evidenciar diferencias, tal como sucede con el mejillón en el cual al ser invadidos los lóbulos del manto por las gónadas, se aprecia una diferencia en el color de los machos y de las hembras. Se dan bastantes casos de hermafroditismo, tanto anatómico como funcional, lo que explica la importancia de factores ambientales en los mecanismos de

inducción y maduración. Según las especies varía el tipo de hermafroditismo, así hay especies que son hermafroditas simultáneas, es decir, ambas gónadas maduran sincrónicamente, lo que posibilita la autofecundación, otras son hermafroditas consecutivas, o sea, desarrollan una sola gónada en la que la primera maduración es testicular, pero en las siguientes tras sufrir una completa inversión sexual, se transforma en ovárica hasta el final de su vida. El tercer caso es el hermafroditismo consecutivo rítmico, consistente en sucesivas inversiones sexuales a lo largo del vital de la especie, frecuentemente asociadas con ritmos estacionales.

El aparato reproductor es muy simple, está formado por las gónadas y los conductos evacuadores. Las gónadas son generalmente pares que a veces aparecen unidas en su línea media, de forma acinosa y ramificada, que al madurar ocupan una gran parte de la masa visceral. Los acinos están surcados por numerosos canales finos y cortos que se unen para constituir canales más importantes, y éstos a su vez se juntan en un único conducto evacuador o gonoducto. Estos conductos carecen de estructuras musculares, por lo que la expulsión de los gametos maduros se realiza mediante el movimiento de los cilios de las células que los tapizan. Cuando comienza la gametogénesis, la gónada está formada solamente de gonocitos, células unidas entre sí al tejido conectivo que tras varios procesos de divisiones celulares dan origen a las espermatogonias y ovogonias primarias, que se agrupan en folículos, sufriendo una serie de procesos en los que se pueden apreciar grandes cambios hasta que dan origen a los ovocitos, los cuales pasan por dos fases de maduración antes de ser expulsados, la primera o previtelogénesis, en la que los ovocitos aumentan de tamaño y no se observa acumulación de sustancias de reserva y la segunda o vitelogénesis, en la que el ovocito crece a gran velocidad y ya cuenta con sustancias de reserva. La gametogénesis es un proceso que requiere bastante energía, en consecuencia, la movilización de los nutrientes del alimento ingerido hacia la gónada es esencial para el desarrollo de los gametos. En la mayoría de los bivalvos, este desarrollo no depende directamente del alimento ingerido sino que está subordinado a las reservas almacenadas o a ambos factores.

La fecundación en unas especies es exterior mientras que en otras suceden en el interior del animal. En el primer caso, los espermatozoides maduros son expulsados, al igual que los ovocitos, si bien la maduración de estos últimos tendrá lugar una vez que hayan sido liberados, para ser fecundados en el medio externo. En el segundo caso, la maduración de los ovocitos y la fecundación tienen lugar en el interior de la cámara paleal de la hembra. En la fertilización intervienen sustancias producidas por el ovocito que aglutinan el esperma y aumentan su movilidad y otras producidas por el espermatozoide que provocan la destrucción de la membrana del ovocito. El espermatozoide penetra por cualquier parte del ovocito produciéndose, pocos segundos después, una membrana de fertilización que impedirá el paso de nuevos espermatozoides (Lucas, 1965). Tras el proceso de la fertilización tiene lugar el desarrollo embrionario, que comprende desde la fecundación del ovocito por el espermatozoide hasta la aparición de la primera forma larvaria.

El desarrollo es indirecto, mediante fases larvarias que tienen una vida pelágica con una duración de tres a cuatro semanas en condiciones normales, nutriéndose esencialmente de nanoplancton vegetal. A partir del propio vitelo, se produce la segmentación del huevo y tras la gastrulación aparecen las larvas que en todos los moluscos pasan por los mismos estados morfológicos, es decir:

Trocófora: Se forma un día después de la fecundación. Está provista de una corona ciliada y de una glándula de la concha. Aún no tiene diferenciado el tracto digestivo y pese a ser libre sigue consumiendo preferentemente los restos de vitelo.

Postrocófora: Se forma a los dos días de la fecundación, secreta una concha univalva, empieza a desarrollarse un velo y a diferenciarse el tubo digestivo. No se alimenta.

Veliger: Dura de dos a catorce días después de la fecundación. Es planctónica y en esta fase aparece la concha formada por dos valvas, secretadas por la glándula conchífera y posteriormente secretada por el manto. El velo está desarrollado y puede retraerse dentro de las valvas. El tubo digestivo está diferenciado en esófago, estómago con el saco del estilete y un intestino en forma de U. Comienza a alimentarse exógenamente. Al término de esta fase el consumo de lípidos hace aumentar la densidad del cuerpo con lo que desciende hasta el fondo en donde intentará fijarse o establecerse en un substrato adecuado. La aparición del ojo larvario indica la proximidad inmediata de este fenómeno.

Pediveliger: Aparece desde el día 27 al 29 después de la fecundación. Continúa la presencia del «ojo» y el pie finaliza su desarrollo haciéndose funcional. El velo inicia una regresión y el aparato digestivo está diferenciado.

Plantígrado: Se desarrolla a los 30 días. El pie está plenamente desarrollado, aparece un biso y lleva una vida bentónica. Los filamentos branquiales empiezan a desarrollarse y la cavidad paleal inicia su actividad. Se diferencian los palpos labiales.

La fase final de la vida larvaria, previa a la metamorfosis, es la más delicada del desarrollo de estas especies y durante ella se producen grandes mortalidades. Consiste en la fijación o adherencia a un substrato, es decir, se trata esencialmente del paso de la vida pelágica libre a la vida bentónica más o menos sedentaria. Por tanto, este proceso de la larva a semilla o juvenil representa el fin del desarrollo larvario, comenzando la metamorfosis inmediatamente después de la fijación.

Respiración

En la cavidad paleal, a ambos lados de la masa visceral, y entre ésta y los lóbulos del manto se encuentran las branquias, que están formadas por una serie de filamentos yuxtapuestos o unidos unos con otros o bien formando láminas que desde el borde dorsal caen hacia el ventral. La superficie de dichos filamentos va revestida de cilios vibrátiles; su actividad está supeditada a varios factores ambientales y de ella depende también la cantidad de agua bombeada. Las branquias dividen la cavidad paleal en dos, una parte ventral o cámara inhalante y la otra dorsal o cámara exhalante.

Las branquias presentan en todas sus modalidades y aspectos una característica común, que es una exagerada superficie respiratoria para unos seres incapaces de consumir demasiado oxígeno en desplazamiento. Las principales funciones del aparato respiratorio, realizadas a través de las branquias son la respiración basal, el aumento de la tasa respiratoria cuando las valvas se hallan abiertas, la respiración a partir del oxígeno atmosférico durante las mareas bajas y la regulación osmótica de los iones.

Aparato digestivo y nutrición

El aparato digestivo está constituido por un tubo que posee un orificio bucal, situado en la región anterior, que se abre entre dos pares de palpos labiales, cuya misión es la de seleccionar y dirigir las partículas alimenticias hasta la boca, a la cual sigue un corto esófago que comunica con el estómago en el que converge la glándula digestiva donde se lleva a cabo la digestión de los alimentos. En el estómago se encuentra el estilete cristalino, al que se le reconoce un doble papel, como órgano de trituración de los alimentos y como disolvente en el medio menos ácido del estómago, liberando enzimas capaces de transformar el almidón en materiales más digeribles (Owen, 1974). Se continúa con el intestino, que se encorva y está compuesto por una rama ascendente, otra descendente y un recto que atraviesa el pericardio, es decir, presenta en la superficie interna un complicado y complejo sistema de pliegues, donde convergen un sin fin de divertículos ciegos, que constituyen un amplio órgano glandular, el hepatopáncreas. El recto, después de atravesar el corazón, desemboca en la parte posterior sobre el borde dorsal del músculo abductor, es decir, en la cámara exhalante.

Las especies objeto de este estudio son animales de régimen micrófago, alimentándose principalmente de fitoplancton y partículas orgánicas que se encuentran en el agua. Las partículas ingeridas pasan al estómago, siendo concentradas por el movimiento del estilete cristalino y penetrando en los canales de la glándula digestiva. En la digestión interviene un proceso extracelular que tiene lugar a nivel del estilete, en los canales de la glándula digestiva, donde son liberadas enzimas del tipo amilasa y lipasa, además de otro proceso, intracelular, que tiene lugar en las células absorbentes y en los túbulos glandulares entrando en estas células las partículas por pinocitosis para ser digeridas en el interior de las vacuolas por acción enzimática. Los restos de la digestión son expulsados como cuerpos residuales. Cuando el alimento se encuentra en altas concentraciones aumenta notablemente la cantidad de heces totales eliminadas.

En los bivalvos que tienen sifones el agua penetra en la cavidad por el sifón branquial, a cuyo nivel sufre una primera filtración que se debe al hecho de que las papilas sensitivas que rodean la abertura sifonal impiden la entrada de las partículas demasiado grandes. En todas las especies las branquias participan en las funciones de nutrición gracias al movimiento de sus cilios, al retener las partículas en suspensión, envolviéndolas en una capa de mucus y conduciéndolas mediante movimientos ciliares hacia la boca, las partículas más pesadas caen sobre el manto y son expulsa-

das en forma de pseudoheces a partir de la cámara inhalante, siendo las verdaderas heces y los desechos de la digestión expulsados a la cámara exhalante.

Excreción

El aparato excretor es muy simple, está constituido por dos pares de riñones, un par que constituye junto con las glándulas pericardias el aparato urinario y el otro par forma los gonoductos que, finalmente, se abren en el saco pericárdico para desembocar en la cavidad paleal.

Aparato circulatorio

El aparato circulatorio, también de estructura simple, lo forma un corazón dorsal envuelto por el pericardio que posee dos aurículas laterales y un ventrículo. Las aortas, una anterior y otra posterior, expulsan la sangre, la cual se distribuye a las distintas partes del cuerpo gracias a las arterias y arteriolas. El sistema arterial termina en lagunas (espacios libres en el tejido conjuntivo), de forma que la sangre no es más que un contenido en un sistema de vasos individualizados, circulando libremente en los tejidos antes de llegar al seno ventral, de aquí va al órgano excretor «órgano de Bojanus», o riñón, donde se purifica y pasa a las branquias por medio de los vasos branquiales aferentes. La sangre es un líquido incoagulable e incoloro, compuesto por células hialinas y células granulosas que no contienen hemocianina (Polanco, 1991b).

Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso presenta tres pares de ganglios principales, son los cerebro-pleurales, viscerales y pediales, enlazados entre ellos mediante una comisura cerebroide o central de los centros cerebro-pleurales, que están unidos a cada lado por un conectivo cerebro-paleo-visceral a los ganglios pedios y viscerales. En diversos puntos del cuerpo existen otros ganglios menos importantes, que son los previscerales. Los ganglios cerebroides están situados en las cercanías de la boca, actúan sobre la región anterior y de cada uno de ellos sale un conectivo hacia los ganglios pediales, los cuales enervan el pie y la parte posterior del manto, mientras que los viscerales enervan las branquias y la masa visceral.

Los órganos sensoriales están representados por estatocistos, abiertos o cerrados, se trata de ojos sencillos repartidos sobre todo el borde del manto. Los órganos del sentido químico son los osfradios y se localizan en la parte posterior del cuerpo, próximos a los ganglios viscerales y los olfativos se sitúan a ambos lados del ano (Grasse, 1960).

Ruditapes sp. (Almeja fina, almeja babosa y almeja japonesa)

Las especies de almejas que hemos seleccionado son todas ellas de un alto valor económico y objeto de un gran desarrollo acuícola, se trata de la almeja fina, la almeja

babosa y la almeja japonesa. La clasificación taxonómica de estas especies es la siguiente:

Clase: Bivalvos.

Subclase: Heterodontos.

Orden: Veneroideos.

Familia: Veneráceos.

Género: *Ruditapes*.

Especies:

a) *R. decussatus* (Linne, 1758) (Almeja fina).

b) *R. pullastra* (Montagu, 1803) (Almeja babosa).

c) *R. philippinarum* (Adams y Reeve, 1850) (Almeja japonesa).

Una de las características diferenciales entre estas especies es la superficie de las conchas, la cual, en la almeja fina presenta en la cara externa las valvas recorridas por estrías, tanto radiales como concéntricas, que al ser de la misma intensidad, forman una pequeña cuadrícula y en la cara interna se marcan las impresiones de los dos músculos abductores, que son iguales, y del seno paleal, evidenciándose la presencia de los sifones que son largos y libres; la inserción del ligamento es asimétrica e inexistente en la valva derecha. Respecto a la coloración ésta es muy variable, dependiendo de la naturaleza de los fondos en que habitan, si bien hay homogeneidad de tonos a nivel de las dos valvas. En la almeja babosa las estrías concéntricas están bien marcadas mientras que las radiales apenas se distinguen, la inserción del ligamento está poco diferenciada y los sifones se encuentran soldados en la mayor parte de su longitud; la concha es más delicada que en la almeja fina y la coloración externa de las valvas al igual que en la fina es semejante para ambas. La almeja japonesa tiene las estrías radiales más marcadas excepto en las regiones antero-dorsal y postero-dorsal en donde dominan las estrías concéntricas, la inserción del ligamento es asimétrica pero visible en ambas valvas y los sifones están soldados. Las valvas pueden presentar distinta coloración entre sí.

En las almejas el pie desempeña diversas funciones, sirve como órgano de locomoción tanto para desplazarse sobre los fondos como para enterrarse en ellos. Los bordes del manto están libres en la región anterior para dejar pasar el pie y soldados en la región posterior formando dos prolongaciones tubulares retráctiles, los sifones, que según las diferentes especies pueden estar totalmente separados, o más o menos soldados si bien todos ellas presentan siempre su extremo recubierto por numerosos tentáculos, que son pequeños e iguales en el sifón superior, mientras que en el inferior alternan tentáculos cortos con otros más gruesos y largos.

Estas especies viven en fondos de cascajo y arena más o menos fangosa. La almeja fina y japonesa se extienden desde el nivel medio de marea hasta unos metros de profundidad, mientras que la almeja babosa ocupa preferentemente el nivel de la baja mar hasta profundidades de unos 40 m. Las temperaturas bajas influyen negativamente sobre su crecimiento, afectando fundamentalmente a la almeja fina que puede llegar a detener su actividad biológica, mientras que las almejas babosa y japonesa presentan un metabolismo más activo.

Las tres especies son unisexuales, no presentando dimorfismo sexual, no obstante, se han encontrado unos pocos casos de hermafroditismo, principalmente entre los juveniles, pero estos son extremadamente raros (Joly, 1982). La fecundación y el desarrollo larvario tienen lugar en el exterior. En las almejas fina y japonesa la gametogénesis se inicia en primavera, coincidiendo con el aumento de las temperaturas, para alcanzar la madurez en pleno verano; las puestas tienen lugar en los meses de julio y agosto y no se efectúan hasta que la temperatura del agua alcance un valor mínimo, que suele ser superior a los 18 °C en la almeja fina y mayor de 21 °C en la almeja japonesa. La almeja babosa efectúa la puesta en la primavera. Las larvas de las almejas alternan períodos de natación, para los que se valen del velo, con otros en que se arrastran por el fondo, sirviéndose del pie, seguidamente buscan un sustrato adecuado para fijarse y sufrir la metamorfosis. La duración de este período es de 10 a 20 días y está condicionado por factores ambientales y nutricionales.

Mytilus edulis/*M. galloprovincialis* (Mejillón)

El mejillón se encuentra taxonómicamente clasificado dentro de:

Clase: Bivalvos.

Subclase: Pteriomorfios.

Orden: Mitiloideos.

Familia: Mitiláceos.

Género: *Mytilus*.

Especie: *M. edulis* (Linne, 1767)/*M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

M. edulis y *M. galloprovincialis* son especies muy semejantes en su morfología externa aunque presentan ciertas diferencias, tales como la longitud de impresión del músculo abductor anterior y la forma del tamaño de la charnela, asimismo, a nivel genético existen rasgos separadores, no obstante, vamos a estudiarlas como una única especie, ya que en la práctica su cultivo se desarrolla indistintamente y ambas se comportan con las mismas respuestas fisiológicas. Las dos valvas de la concha son iguales, con forma triangular, en la parte anterior se localiza el umbo y es estrecha y puntiaguda y la posterior ancha, aplanada y redondeada. El color es negro azulado, a veces con tonos parduzcos hacia los vértices y la superficie es prácticamente lisa, únicamente está recorrida por unas estrías finas y concéntricas que corresponden a líneas de crecimiento.

Presentan un pie musculoso, de color rojizo o anaranjado, en forma de lengüeta, situado por debajo de la masa visceral, en su parte ventral está recorrida longitudinalmente por un canal que termina en una especie de ventosa y el extremo posterior está ocupado por la glándula que segrega el bisco, que está formado por un conjunto de filamentos, de naturaleza proteica, terminados en un pequeño disco adhesivo, con los que realizan la fijación. Son organismos de carácter sedentario y gregario, que se fijan unos sobre otros formando grandes colonias que, generalmente, en la naturaleza viven fijos a las rocas, sobre la superficie y en las grietas y hendiduras, además de adherirse a cualquier objeto que se encuentre sumergido

tanto permanentemente como que quede en seco en períodos de marea, siempre que les permita un anclaje seguro.

Estas especies poseen un poder enorme de bombeo lo que se traduce en una gran velocidad de crecimiento, si bien éste va a depender (como en todos los casos) de la cantidad de alimento disponible y de las condiciones ambientales que regulan su metabolismo.

La reproducción es unisexual, siendo éste un proceso cíclico que guarda relación con las distintas estaciones del año y durante el cual las gónadas presentan distintos grados de desarrollo. En estas especies el gonoducto termina en una papila genital próxima al orificio renal, estando totalmente diferenciadas las vías genitales de las vías urinarias. Si la gónada está en fase de reposo el manto tiene un aspecto uniforme, de color amarillo o marfil y no se distinguen los productos sexuales, sin embargo, cuando las gónadas comienzan a desarrollarse proliferan los folículos, que se van cargando de células sexuales y respecto al manto, que aumenta considerablemente de espesor, adquiere la tonalidad característica de cada sexo. Al iniciarse la madurez sexual los ovocitos van aumentando de tamaño a la vez que varía su forma para hacerse más o menos redondeada. Tienen facilidad para desprenderse de los folículos; los espermatozoides adquieren movilidad y finalmente tiene lugar la puesta, siendo expulsadas las células sexuales a través del sifón exhalante.

***Ostra edulis* y *Crassostrea gigas* (Ostra plana y ostra japonesa)**

Las especies de ostras objeto de cultivo en la actualidad en nuestro entorno son la europea u ostra plana y la japonesa. La clasificación taxonómica de estas especies es la siguiente:

Clase: Bivalvos.

Subclase: Pteriomorfos.

Superorden: Ostreineos.

Familia: Ostráceos.

Género:

a) *Ostrea*.

b) *Crassostrea*.

Especie:

a) *O. edulis* (Linne, 1759) (Ostra plana).

b) *C. gigas* (Sacco, 1897) (Ostra japonesa).

La morfología de estas especies es diferente. En la plana la concha es más o menos circular y las láminas tienen una estructura laminar, la valva derecha es lisa o con pliegues, plana o abombada, pudiendo presentar o no dentículos sobre el borde interno en cada lado de la charnela y la impresión muscular se encuentra situada en el centro de la valva y no presenta pigmentación. En la especie japonesa, la concha también presenta estructura laminar, sin embargo, es alargada y ahuecada, la valva izquierda es cóncava, lisa o con pliegues y la derecha es plana, lisa o raramente con

pliegues y la impresión del músculo abductor está implantada sobre la cara interna de la valva y generalmente está pigmentado.

Respecto a la anatomía interna también existen diferencias remarcables, así, en la plana las aurículas están unidas y las aberturas branquiales son relativamente largas, mientras que en la japonesa la unión de las aurículas está limitada y las aberturas situadas entre los filamentos branquiales son estrechas.

Ambas especies son hermafroditas, si bien *O. edulis* es hermafrodita proteándrica mientras que *C. gigas* es hermafrodita alternativa. Estos tipos de hermafroditismos se diferencian en que en *O. edulis* la maduración es asincrónica, puede excepcionalmente llegar a alcanzar la maduración sexual en una primera fase macho a lo largo del año, pero, en general, es durante el verano siguiente cuando la gónada es funcional. A esta primera fase macho, sucede rápidamente una primera fase hembra. Después del retorno de una nueva fase macho, una segunda fase hembra, y así sucesivamente. Las protogonias o elementos germinales aun indiferenciados evolucionan en el sentido macho o en el sentido hembra según su situación, por dictamen de la pared de los folículos (Lubet, 1959). Por otra parte, *C. gigas* en los estados juveniles generalmente es ambisexuada, aunque también puede ser unisexuada, posteriormente funciona como macho o como hembra a lo largo de una estación dada para cambiar de sexo al año siguiente, estos cambios parece ser que no solo se deben a los factores externos, como la temperatura y la alimentación, sino también a factores internos, tales como a la acción de los ganglios del sistema nervioso (Le Dantec, 1968).

A nivel larvario la larva *trocófora* se diferencia de la típica, por presentar en esta fase desarrollado el esbozo de una glándula conchífera que garantizará la formación de las valvas. Al alcanzar el estado *veliger* (en las 24 ó 48 h) se pueden observar dos características diferenciales, por un lado, la presencia de dos valvas simétricas, con un borde dorsal, contrastando con el resto del contorno curvilíneo, que le da un aspecto de *D*; y por otra parte, la presencia de un velo capaz de imprimir una gran movilidad a las larvas (Yonge, 1960).

***Pecten maximus* (Vieira)**

La clasificación taxonómica de la vieira es la siguiente:

Clase: Bivalvos.

Orden: Filibranquios.

Superfamilia: Pectinoidea.

Familia: Pectínidos.

Género: *Pecten*.

Especie: *Pecten maximus* (Linne, 1767).

La forma de las valvas en estas especies son más o menos circulares, con una aleta a cada lado de la charnela, la cara externa presenta repliegues radiales y en la cara interna se marca la inserción del único músculo abductor, el posterior, que ocupa una posición casi central. El color de la valva derecha es de un blanco-cremoso en la parte que está en contacto con el fondo, y varía a medida que se aproxima

a la charnela, adquiriendo un color rosado, mientras que la valva izquierda tiene un color más homogéneo. El ligamento, de tejido elástico, es interno y actúa en la apertura-cierre de las valvas. En el borde del manto posee ojos pedunculados de organización muy compleja y sus papilas se encuentran también muy desarrolladas.

Son especies que habitan en la zona litoral sobre los fondos de arena y grava, por debajo de los 10 m de profundidad, preferentemente entre los 25 y 45 m. En estos fondos excavan una ligera depresión en la que reposan manteniendo las valvas ligeramente entreabiertas para filtrar el agua circundante de la que obtienen su alimento, es por tanto una especie excavadora-nadadora, realizando la natación al batir las valvas, pudiendo nadar con la región ventral hacia delante, expulsando el agua de la cavidad paleal oblicuamente hacia atrás por la base de ambas orejas. Sin embargo se ha observado que en la huida rápida nada en sentido opuesto, al salir el agua por la región ventral (Aguirre, 1973). Prácticamente no se desplaza, salvo cuando es molestada o atacada, entonces cierra bruscamente las valvas y se aleja dando saltos de varios metros.

La vieira es hermafrodita simultánea, la gónada, a diferencia de otros moluscos, no es una estructura difusa, sino que es un órgano impar totalmente diferenciado, unido al cuerpo del animal en las proximidades del músculo abductor, ésta consta de dos partes bien definidas, una blanquecina que es el testículo, y otra de color rojo que corresponde al ovario. La fecundación es externa, ocurre en el agua. Al caer al fondo la larva *veliger* se fija a un soporte mediante el biso, que pierde más tarde, comenzando así su vida libre y siendo a partir de ese momento capaz de realizar los desplazamientos. El desarrollo larvario sigue el proceso de ovocito fecundado a larva «D» *veliger* que dura unas 48 horas, esta larva alcanza el estado de *pediveliger* en un tiempo que oscila entre 30 y 35 días, durando el desarrollo larvario de 3 a 6 semanas (Barnabe, 1991).

6.2. Patología

Antes de entrar a hacer un análisis de las diversas patogenias hay que matizar las diferencias que existen entre enfermedad y mortalidad. La enfermedad es una alteración del estado del individuo, si esta alteración está producida por algún agente patógeno, se considera que existe un desequilibrio entre el organismo hospedador agredido y el microorganismo agresor. Este factor de enfermedad está casi siempre asociado a un defecto de resistencia del hospedador, generalmente por variaciones fisiológicas o de las condiciones del medio, o bien por un carácter agresivo del agente patógeno, carácter que está íntimamente ligado a los dos anteriores, ya que numerosos microorganismos pueden encontrarse en estado saprofito y adquirir un poder patógeno por alteraciones del medio, o por una disminución en las defensas del hospedador (Tabla 20). En general, se puede decir que el brote de la enfermedad suele ser el resultado de la interacción entre el hospedador, el medio ambiente y el

Tabla 20

Factores que influyen en la patología

agente patógeno. Por otra parte, la mortalidad se aprecia por la referencia del estado de una población y se expresa por el número o porcentaje de individuos desaparecidos. La mortalidad puede ser, evidentemente, la consecuencia de una enfermedad, pero también puede tener otros orígenes diferentes.

El cultivo de los moluscos marinos realizado en medio abierto en la franja litoral, en estuarios o en rías, depende estrechamente de la calidad del medio y de sus variaciones, pero también de otros factores intrínsecos en su desarrollo, tales como los métodos y las técnicas de los cultivos y de manera destacable, de la aparición o la introducción de agentes patógenos que provocan enfermedades infecciosas.

Las especies que circulan en los canales comerciales pueden provenir de la pesca sobre yacimientos naturales (marisqueo) o bien haber sido producidas mediante técnicas de cultivo, lo que es corriente en el caso de especies como el mejillón, las ostras o las almejas. En este último caso el aprovisionamiento de las semillas de dichas especies puede ser mediante puestas inducidas o bien por técnicas de captación en el medio natural. Teniendo en cuenta la descripción de enfermedades específicas en las fases larvarias y la posibilidad de tratar las mismas actuando con rigor en los medios cerrados o semicerrados, distinguiremos las afecciones más específicas en puestas inducidas de aquellas que son descritas en el medio natural.

En el caso de puestas inducidas, las principales enfermedades infecciosas son las debidas a los virus y a las bacterias, siendo estas últimas las más frecuentes. Por otra parte, en el medio natural las patologías son generalmente provocadas por parásitos.

Patologías provocadas por bacterias

Las bacterias en la vida de los moluscos realizan dos papeles importantes, uno trófico y otro patógeno, si bien, ambos son de difícil separación ya que numerosos microorganismos pueden existir en estado saprofito y adquirir un poder patógeno a causa de variaciones fisiológicas, desequilibrios del medio, etc. El papel trófico en los moluscos bivalvos es controvertido y poco claro, mientras que el papel patógeno

de ciertas cepas bacterianas está bien definido, estableciéndose tres grupos según su actividad:

- Cepas indiferentes.
- Cepas desfavorables que provocan una lenta elevación de mortalidad a medida que suceden inoculaciones.
- Cepas patógenas, mortales, de acción rápida.

El medio natural y los centros de laboratorio o las *hatcheries* son muy ricos en bacterias, las larvas, postlarvas, semillas y adultos en estas especies son micrófagos, por lo que filtran el picoplancton que se encuentra en concentraciones importantes tanto en el agua como en los sedimentos, constituyendo así mismo una fuente potencial de alimentación. Los juveniles y adultos son capaces de ingerir estas bacterias, y según parece, la ingestión y digestión no son selectivas; las larvas son así mismo capaces de ingerirlas, pero no en todos los casos. En cuanto a un desequilibrio bacteriano, se puede originar una carencia de sustancias, como en el caso de los derivados de las quinonas (Polanco, 1980) que intervienen en la regulación de las actividades enzimáticas al nivel de la síntesis de la fracción proteica de ciertas enzimas o sustancias que actúan como tales. En general la microflora bacteriana que albergan los moluscos adultos es diferente y más elevada que la existente en el agua o en los sedimentos, encontrándose asociadas a los gametos y al nivel del tubo digestivo. Por otra parte, las crías de larvas de bivalvos están sujetas a los daños fulminantes ocasionados por bacterias y de entre ellas las principales son las infecciones causadas por los géneros *Vibrio* y *Pseudomonas*, que son capaces de proliferar aprovechando las condiciones favorables que tienen lugar en los tanques de cultivo de las larvas.

A nivel de las especies en fase de crecimiento son muy pocas las enfermedades de origen bacteriano que se producen y solamente dos casos merecen una atención particular, el primero de ellos es el que provocó en la ostra japonesa una bacteriosis atribuida a una especie del género *Nocardia* (Friedman *et al.*, 1991), la cual causó mortalidades estivales puntuales que sin embargo no ocasionaron pérdidas muy elevadas. El otro caso es el que afecta a los cultivos de almejas, concretamente a la almeja japonesa, caracterizado por un depósito marrón sobre el borde interno de las valvas (Fig. 26). Este síntoma recibe el nombre de enfermedad del anillo marrón y la bacteria que lo provoca es un *Vibrio*, Gram negativo, denominado *Vibrio PI* (Paillard y Maes, 1990). Esta enfermedad se propaga preferentemente en los cultivos de altas densidades donde induce directa e indirectamente (atoramiento de las branquias —subida la superficie— predación) mortalidades que pueden alcanzar hasta el 90%.

Otros microorganismos encuadrados dentro de este grupo que han sido detectados en moluscos son los *Micoplasmas* que son bacterias sin pared celular y las *Rickettsias* y las *Chlamidias* que ambas son bacterias parásitos intracelulares con un sistema de producción de energía muy limitado por lo cual necesitan las células de un hospedador para poder vivir y reproducirse causando diversas patologías a quienes parasitan.

Figura 26

Interior de conchas de almejas afectadas por la enfermedad del anillo marrón

Las enfermedades que pueden provocar estas bacterias son conocidas desde relativamente hace poco tiempo en los bivalvos marinos, concretamente, las primeras descripciones se han hecho públicas en 1977 (Comps *et al.*, 1977) y desde entonces, a pesar de haber sido numerosas las afecciones encontradas, son relativamente pocas las asociadas a mortalidades importantes (Tabla 21).

Patologías provocadas por virus

Respecto a los virus, en *hatcheries* han sido descritos varios casos de mortalidades asociadas con la presencia de un iridovirus o de un herpes virus (Elston, 1979), observándose en ambos casos desorganizaciones celulares, que entrañan la muerte de las larvas; si la infección es provocada por el herpesvirus la muerte se produce alrededor del décimo día de cría.

En el medio natural, a las enfermedades de origen vírico se le atribuyen poca importancia, a pesar de haberse descrito en numerosas especies (Tabla 22), en mortalidades puntuales que no revisten el carácter epizootico, un herpes-virus ha sido descrito en juveniles de ostras (Comps y Cochenec, 1993), si bien los estudios realizados hasta el momento actual confirman el carácter oportunista de este agente patógeno que se manifiesta y se multiplica en las células en las fases de estrés (chocques térmicos, deficiente zootecnia) o/y de estrés fisiológico debidos a otros factores, generalmente asociados a los períodos de gametogénesis, o por malnutriciones, etc.

Tabla 21

Rickettsias, Chlamidias y Micoplasmas de algunos moluscos bivalvos

| Bivalvos | Rickettsias | Chlamidias | Micoplasmas | Bibliografía |
|--|-------------|------------|-------------|---|
| <i>Mya arenaria</i> | + | | | Harshbarger <i>et al.</i> , 1977 |
| <i>Crassostrea gigas</i> <i>Crassostrea angulata</i> | + | + | | Comps <i>et al.</i> , 1977; Azevedo y Villalba, 1991 Comps, 1980 |
| <i>Crassostrea virginica</i> <i>Ostrea edulis</i> | + | | | Otto <i>et al.</i> , 1979 Harshbarger <i>et al.</i> , 1977 Comps <i>et al.</i> , 1977 |
| <i>Mercenaria mercenaria</i> <i>Tellina tenuis</i> <i>Donax trunculus</i> <i>Ruditapes decussatus</i> | + | + | | Otto <i>et al.</i> , 1979; Harshbarger <i>et al.</i> , 1977 Buchanan, 1978; Hill, 1976 Comps y Raimbault, 1978 Comps, 1980 |
| <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Scrobicularia plana (piperata)</i> | + | | | Comps, 1983; Elston, 1986 Comps, 1980 |
| <i>Patinopecten yessoensis</i> <i>Argopecten irradians</i> | + | | | Elston, 1986 Morrison y Shum, 1982 |
| <i>Placopecten magellanicus</i> <i>Pecten maximus</i> | + | | | Gulka <i>et al.</i> , 1983 Le Gall <i>et al.</i> , 1988 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | | + | | Cajaraville y Angulo, 1991 |

Patologías provocadas por parásitos

Los problemas más importantes están asociados a enfermedades parasitarias que al evolucionar sobre un modo epidémico son el origen de importantes mortandades y así mismo son los que representan mayores riesgos, con pérdidas importantísimas. En efecto, la lista establecida por la OIE (Oficina Internacional de las Epizootias) para las patogenias declarables dentro del grupo de los bivalvos marinos, contiene únicamente protozoosis con cinco tipos de enfermedades provocadas por diez agentes patógenos catalogados (Tabla 23).

De entre estas enfermedades de declaración obligatoria, las Perkinsiosis y las Haplosporidiosis figuran como las primeras que realmente han sido estudiadas en los moluscos, si bien, las Marteiliosis son de las primeras importantes observadas en Europa, causadas por *Marteilia refringens* (Grizel *et al.*, 1974), esta enfermedad en la década de los 70 fue la más grave que afectó a la ostra plana, *Ostrea edulis*. La epidemiología descriptiva ha sido largamente estudiada en Francia (Grizel *et al.*, 1976) donde la enfermedad se propaga con los trasvases de una bahía ostrícola a otra y hacia otros países europeos, concretamente a España, en donde la ostricultura se ha visto afectada por la introducción de esta enfermedad. Este parásito se detectó en las costas de Galicia, concretamente en las rías de Arosa y Vigo (Masso Bolivar, 1978) y en la ría de Muros-Noya (Alderman, 1979). En los últimos años no se observa en las

Tabla 22

Principales familias de virus encontrados en los moluscos bivalvos marinos

| Familias | Huéspedes | Referencias |
|-----------------|--|---|
| Herpesviridae | <i>Crassostrea virginica</i> | Farley <i>et al.</i> , 1972 |
| | <i>Crassostrea gigas</i> <i>Ostrea edulis</i> | Nicolas <i>et al.</i> , 1992 Hine <i>et al.</i> , 1992 Renault <i>et al.</i> , 1994 Comps & Cochenne, 1993 |
| Iridoviridae | <i>Crassostrea angulata</i> <i>Crassostrea gigas</i> | Comps y Duthoit, 1979 Comps y Bonami, 1977 Leibovitz <i>et al.</i> , 1978 Elston y Wilkinson, 1985 |
| Papoviridae | <i>Crassostrea virginica</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Crassostrea commercialis</i> <i>Ostrea edulis</i> <i>Ostrea lurida</i> <i>Mya arenaria</i> <i>Macoma balthica</i> | Farley, 1976 Farley, 1978 Wolf, (en Farley, 1978) Bonami, (en Farley, 1978) Bonami, (en Farley, 1978) Harshbarger <i>et al.</i> , 1977 Farley, 1976 |
| Togaviridae | <i>Ostrea lurida</i> | Farley, 1978 |
| Retroviridae | <i>Mya arenaria</i> <i>Crassostrea virginica</i> | Oprandi <i>et al.</i> , 1981 Farley, 1978 |
| Reoviridae | <i>Crassostrea gigas</i> <i>Crassostrea virginica</i> <i>Ostrea edulis</i> <i>Tellina tenuis</i> <i>Mercenaria mercenaria</i> | Hill, 1976 Meyers, 1979 Hill, 1976 Hill, 1976 Hill, 1976 |
| Paramyxoviridae | <i>Mya arenaria</i> | Otto, (en Farley, 1978) |

Tabla 23

**Enfermedades de bivalvos marinos de declaración obligatoria por la OIE
(Grizel, 1997)**

| Enfermedad | Parásito |
|------------------------|---|
| Perkinsiosis | <i>Perkinsus marinus</i> , <i>P. olseni</i> |
| Haplosporidiosis | <i>Haplosporidium nelsoni</i> , <i>H. costale</i> |
| Marteiliosis | <i>Marteilia refringens</i> , <i>M. sidneyi</i> |
| Bonamiosis | <i>Bonamia ostreae</i> , <i>Bonamia</i> : spp. |
| Mikrocytosis | <i>Mikrocytus mackini</i> , <i>M. roughleyi</i> |

costas gallegas en la ostra plana pero sí que parasita otros moluscos como el mejillón (Montes, 1995).

La Bonamiasis es en la actualidad la principal enfermedad que afecta a los cultivos de moluscos en Europa, en concreto a la ostra plana (*O. edulis*), cuyo agente responsable es *Bonamia ostreae*. La extensión de esta enfermedad hacia el conjunto de los tres mayores centros de producción de ostras planas de la costa atlántica francesa fue muy virulenta y rápida, provocando mortalidades masivas. Este agente patógeno, muy infeccioso, se expandió a otros países europeos como España, Holanda, Inglaterra e Irlanda (Alderman, 1981; Bannister y Key, 1982; Van Banning, 1982; Polanco *et al.*, 1984).

Las Microcystosis son producidas por las especies *Mikrocytos mackini* y *M. roughleyi*. La enfermedad que provoca *M. mackini* se conoce como enfermedad de Denman Island y afecta fundamentalmente a numerosas especies de ostras, entre otras a la ostra plana y la japonesa.

Otras parasitosis que pueden alterar a los moluscos, aunque no constituyen los riesgos epidemiológicos de las citadas como enfermedades de declaración obligatoria, son las que provocan las especies pertenecientes a los Copépodos, Trematodos y/o Anélidos. Entre los Copépodos, los parásitos que con más frecuencia se hospedan en los moluscos son las especies *Mytilicola intestinalis*, *M. orientalis* y *Mycola ostreae*, siendo el más frecuente *M. intestinalis* que hospeda los mejillones, por otra parte, *M. orientalis* y *Mycola ostreae* son parásitos de las ostras y fueron introducidos en Europa con la importación de la ostra japonesa. Tanto *M. intestinalis* como *M. orientalis*, además de la especificidad por el mejillón y la ostra, parasitan otras especies de moluscos. Los Trematodos que parasitan los moluscos son numerosos, pudiendo ser las infestaciones masivas motivo de fuertes mortandades, tal como ha sucedido en 1963 a causa de una invasión a nivel de las gónadas en mejillones y ostras por *Bucephalus* sp. (Polanco, 1988). Dentro de los Anélidos se encuentran principalmente las especies de *Polydora* que se instalan en la concha y su acción, aparte de conferir un mal aspecto al molusco, perjudica la vitalidad y reduce el crecimiento, quedando más indefensas las especies parasitadas ante otros factores.

Técnicas de prevención y detección

La especificidad de los problemas epidemiológicos referidos a los bivalvos está íntimamente relacionada con las características de los cultivos, con la biología de estas especies y con las características del medio. De todo ello se derivan las siguientes premisas, que deben ser tenidas en cuenta para la adopción de cualquier medida profiláctica:

1. Los cultivos de moluscos son de tipo extensivo o semiintensivo, aunque en algunos casos, como la producción larvaria, sean intensivos.
2. Los bivalvos son sésiles y filtradores, dependiendo su alimentación de los aportes nutritivos del medio.
3. El medio en el que se desarrollan y crecen es imposible de controlar, tanto en las condiciones naturales como en los cultivos extensivos, parques naturales,

bateas, etc. La producción depende en dichos sistemas de la biomasa de los filtradores presentes y de la productividad de la zona.

Ante esta situación y dado que los cultivos son de difícil control en el sentido de que no se pueden realizar tratamientos como sucede con los intensivos de peces y/o crustáceos, vamos a referirnos a los métodos profilácticos aplicables, que pasaran por un control sanitario de las especies que se introducen en una determinada zona, limitándose las acciones a la erradicación de las poblaciones infectadas, así como a cultivar especies resistentes a la enfermedad, unido a los estudios y conocimientos profundos de la ecopatología y el desarrollo de las técnicas más apropiadas que reduzcan los factores estresantes. A nivel de *hatcheries*, el control puede ser más directo, a través de tratamientos del agua mediante desinfecciones regulares de las instalaciones y con medidas higiénicas habituales que permitan una mayor vigilancia, lo que puede mejorar y prevenir los problemas patológicos, fundamentalmente los bacteriológicos. Otros sistemas consisten en el control de los parámetros que inciden en el desarrollo de los agentes patógenos, así en el caso del vibrio P1, que provoca el anillo marrón crece en TCBS y fermenta la glucosa. La enfermedad ha podido ser reproducida por varios métodos a partir de filtrados de triturados de almejas afectadas. Las dosis infecciosas se sitúan entre 10^5 y 10^7 según que se utilicen los métodos de baño o de inyección. Esta bacteria es igualmente termosensible.

Dado que es difícil materialmente utilizar terapéuticas curativas en las fases de engorde, sólo los tratamientos preventivos podrán tener respuestas favorables. Para ello es necesario tener un buen conocimiento de la etiología del parásito, la fisiología del huésped, su medio y sus cultivos, así como el modo de infestación y el ciclo de evolución y desarrollo.

6.3. Genética

Comparado con las aplicaciones en las producciones vegetales y animales terrestres, la genética en los moluscos bivalvos está todavía en sus comienzos, en efecto, las únicas aplicaciones comerciales hoy en día se refieren en la poliploidización y como ejemplo podemos citar la venta de ostras triploides producidas mediante puestas inducidas. Varios enfoques son posibles en genética para llegar a una mayor rentabilidad, los objetivos de esta mejora pueden ser la velocidad de crecimiento, ganancia de la calidad de los productos o la obtención de una cepa resistente a una determinada enfermedad. En la mayor parte de los casos los métodos de mejora, como la hibridación y la selección, necesitan de buenos conocimientos sobre la taxonomía y la genética de las poblaciones.

Los conocimientos necesarios para aplicar, con vistas a la mejora genética, sobre una determinada especie son:

1. Taxonomía.
2. Genética de las poblaciones.
3. Hibridación.
4. Poliplodización.

1. La taxonomía de los moluscos está basada principalmente en criterios morfológicos y, por tanto, el status de varias especies es incierto, pongamos como ejemplo el caso de las especies *Crassostrea angulata* y *C. gigas*, su polimorfismo proteínico (Buroker *et al.*, 1979), su cariotipo (Thiriot-Quevreur, 1984) y su morfología larvaria (Menzel, 1974) no permiten diferenciarlas, por lo que ha sido preciso la puesta a punto y la utilización de marcadores mitocondriales para poder diferenciar netamente, entre dieciséis poblaciones testadas de *C. gigas* y *C. angulata*, los dos taxones. Por otra parte, ha sido a través de tres marcadores microsatélites que se ha confirmado la distinción entre *C. gigas* y *C. angulata* y la conexión de las ostras de Taiwán en esta última especie.

Esta clarificación es necesaria para las aplicaciones genéticas en campos como la hibridación o la selección pero igualmente para la elaboración de códigos sanitarios y de textos legislativos con los que se trate de reducir los riesgos de propagación de las enfermedades. En este último caso, confusiones, en la taxonomía de los huéspedes portadores de una enfermedad pueden engendrar la introducción de agentes patógenos o bien inducir a una restricción de las importaciones que no esté debidamente justificada, lo cual acarrearía pérdidas económicas de gran importancia.

2. La genética de las poblaciones: El aspecto genético es frecuentemente ignorado; se sabe que en las poblaciones naturales existe una tendencia al equilibrio con su ambiente, dependiendo del grado de adaptabilidad de la especie, el cual está determinado por el reservorio genético que posee. En las poblaciones de organismos diploides existe gran variabilidad para cualquiera de los rasgos o caracteres fenotípicos de los individuos, a esta variabilidad contribuyen diversos factores genéticos, ambientales, o combinación de ambos (Polanco, 1991b). Es factible suponer que mediante el conocimiento de la variabilidad genética de las poblaciones se puede obtener información valiosa sobre los procesos adaptativos que se suceden a nivel genético en las poblaciones de la especie con respecto a los ambientes que habitan, así como a la manipulación de que son objeto. La evaluación de los recursos genéticos mediante estudios de la variabilidad ha demostrado su importancia para la resolución de problemas de interés inmediato en el desarrollo de la explotación y del cultivo ostrícola.

Entre los caracteres con una base genética poligénica se incluyen aquellos de mayor interés biológico y económico, como son la velocidad de crecimiento, viabilidad, fertilidad, tamaño, peso, etc. La distribución fenotípica de los caracteres con una base genética poligénica o multifactorial se caracteriza por ser continua, y por tanto, no es posible diferenciar clases fenotípicas discretas (caracteres cuantitativos).

3. La hibridación es un método habitualmente utilizado en genética para obtener estos productos más prestacionales, más resistentes o mejor adaptados a un medio ambiente. En los moluscos, la hibridación puede tener lugar naturalmente cuando dos especies se reparten en la misma área geográfica. Uno de los casos más conocidos se relaciona con el cruzamiento entre *Mytilus edulis* y *M. galloprovincialis* a lo largo de las costas europeas (Gardner, 1995). Con la excepción de algunas situaciones de este tipo, los otros ejemplos de hibridación descritos en bibliografía corresponden a hibri-

daciones resultantes de experiencias o de la introducción de una especie no indígena, en esta línea, la introducción masiva de *C. gigas* en Francia (Grizel y Heral, 1991) que ha permitido mantener el potencial ostrícola de dicho país, ha probablemente generado la creación de híbridos entre *C. angulata* y *C. gigas*.

4. Poliploidización: La poliploidía está relacionada con un aumento del índice de crecimiento, según experiencias realizadas con ostras, otros invertebrados y peces, la inducción de poliploides incrementa el crecimiento y produce individuos estériles. En general, los animales poliploides son estériles a causa de la incapacidad de apareamiento de los cromosomas homólogos durante la sinapsis meiótica y utilizan la energía metabólica, destinada al desarrollo gonadal, en el crecimiento. Los problemas que respecto a la inducción de poliploidía permanecen desconocidos se refieren a los efectos que la triploidía ejerce respecto a la longevidad, a la naturaleza del bloqueo de la gametogénesis y a la energía acumulada por los triploides.

Una de las aplicaciones más importantes de la genética en acuicultura es la relacionada con la obtención de líneas de bivalvos genéticamente estables resistentes a las enfermedades. A pesar de las grandes repercusiones económicas que suscitan los problemas patológicos, pocos programas genéticos se han desarrollado en la actualidad, que puedan resolver los desastres que las enfermedades ocasionan a los cultivos. Es interesante destacar que la observación en los stocks de progenitores de diferencias fisiológicas respecto al crecimiento y a las temperaturas de desove persisten en sus progenies, a pesar de haberse realizado una selección generacional. Sin duda, es muy difícil separar genéticamente a los individuos respecto a una mejor tasa de crecimiento, o a una mejor calidad de la carne a partir de la resistencia a la enfermedad, pues en estos casos de resistencia, el crecimiento es más rápido y la calidad de la carne es mejor. Sería necesario saber si la resistencia es específica para un patógeno seleccionado, frente a una capacidad no específica de tolerancia a la enfermedad; en el primer caso, tendría poco valor en las áreas en las que no está presente el patógeno.

Existen una serie de razones suficientes para impulsar el progreso genético hacia la selección de rasgos y caracteres de las especies comerciales, pues es posible practicar una alta intensidad de selección en casi todas las especies. Se da una considerable varianza genética en el índice de crecimiento y edad de maduración para todas las especies, en cambio, la varianza genética para la mortalidad y calidad de la carne, es menor. La elaboración de índices de selección es muy importante y necesaria, pero no existen suficientes parámetros genéticos y fenotípicos utilizables para elaborar un índice para todas las especies.

6.4. Sistemas de cultivo

El cultivo de moluscos se basa en la obtención de semillas y su posterior desarrollo hasta que la especie alcance una talla que permita su comercialización y consumo. Esto abarca las tres fases de obtención de semillas, preengorde y engorde.

Análisis del desarrollo de los cultivos:
medio, agua y especies

Obtención de semillas

La obtención de semillas puede ser a través de métodos controlados mediante puestas inducidas (*hatcheries*) o bien empleando sistemas de captación en el medio.

Obtención de semillas por puestas inducidas

La obtención a través de puestas inducidas se realiza a partir de la estabulación de los reproductores en agua con condiciones favorables de temperatura y salinidad a las que se le suministra una alimentación rica y abundante con el fin de que los individuos maduren sexualmente en los momentos en que se desee, variando los parámetros físico-químicos en función de la especie a desarrollar, por otra parte se le administrarán alimentos a base de especies apropiadas de fitoplancton. La técnica se basa en el acondicionamiento de los progenitores en unas bandejas o pequeños tanques (Fig. 27) en los que se mantiene un circuito abierto con agua filtrada a fin de aminorar o evitar los riesgos de polución y/o introducción de organismos indeseables, así mismo a través de esta agua se adiciona el fitoplancton, manteniendo todo el conjunto a una temperatura adecuada para el normal desarrollo de los reproductores.

Figura 27

Tanque de estabulación de reproductores de ostras



En el momento en que se vaya a producir la estimulación a la puesta se instalan recipientes que recojan y concentren las larvas. Para inducir dicha puesta existen numerosos métodos, aunque en general se basan en la dependencia que estas especies tienen ante los factores exógenos, tales como temperatura, salinidad, luz, alimentación y ante los endógenos propios de cada especie. Según esto, la maduración podrá ser estimulada si se altera algún factor aisladamente o bien combinando unos con otros, existiendo experiencias de inducciones a partir de chocks físicos, por ejemplo, en el caso de la vieira mediante emersiones y elevación de la temperatura, o en almeja elevando la temperatura de 11 a 25 °C y volviéndola a 11 °C (Pardellas y Polanco, 1987). En general los chocks térmicos son los más empleados, ya que presentan la posibilidad de encontrar para cada especie un rango de temperatura ideal que permita obtener una emisión masiva de gametos.

Las larvas u óvulos (posteriormente fecundados) que han sido recogidos en los recipientes preparados para tal fin, se seleccionan e introducen en tanques para larvas en la sala adecuada para estas, en la cual el control del medio y del agua será estricto. La fijación de las especies sésiles se obtienen sobre diversos tipos de colectores, si bien los más utilizados son a base de láminas de forma plana u ondulada y/o unos cilindros de plástico con fondo de malla sobre el que se dispone una capa de conchas trituradas con un tamaño de grano comprendido entre 300 y 500 micras, a fin de que en cada grano se fije una sola larva. El despegue de la cría se realiza mediante cepillado, chock o vibración del colector, o incluso utilizando un bisturí, consiguiendo así la semilla libre. La metamorfosis de las larvas tiene lugar entre los 8 a 25 días, variando según la especie que se considere, siendo la de más larga duración la de las almejas y los pectínidos que se da a los 20-25 días de iniciado el cultivo larvario. El proceso de post-larvas a semillas se realiza en módulos o tanques en los que las crías se instalan en circuito abierto hasta que alcanzan un tamaño de 3-4 mm. La alimentación se lleva a cabo con el fitoplancton que se está cultivando en la sala correspondiente.

Obtención de semillas por captación natural

La obtención de semillas por captación natural tiene lugar con la ayuda de unos artefactos llamados colectores, que pueden ser de diferentes formas y materiales, según la especie que se desee obtener, las características morfológicas de la zona en la que serán ubicados o la disponibilidad de materiales (Figs. 13, 14, 15 y 16).

Preengorde

El proceso de preengorde se realiza fundamentalmente con la semilla procedente de *hatcheries*, en recintos o espacios preparados para acoger estas semillas de pequeño tamaño, llamadas *nurseries* (Fig. 18 y 19). Un sistema que suele emplearse en el caso de preengorde de almejas y ostras es el que se muestra en la figura 28.

Figura 28

Sistemas tipo *nurseries* que se emplean para engorde de semilla de almejas y ostras



Engorde

El engorde de la semilla, tanto la procedente de *hatchery-nursery* como la obtenida por captación natural, se realiza en el medio abierto, en las zonas intermareales, las rías, estuarios, etc. Según la zona de implante de las mismas y la especie a engordar así serán los métodos que se empleen, pudiendo, en función del espacio, llevarse a cabo en sistemas sobre suelo, suspendidos o sobreelevados.

Cultivos sobre suelo

El cultivo sobre el suelo se aplica fundamentalmente con las almejas, aunque también puede emplearse para las ostras y vieiras. En el caso de las almejas, suele realizarse bajo los siguientes procesos, se siembran directamente sobre el parque, los cuales pueden ser cerrados mediante redes plásticas fijadas al suelo con la ayuda de pontones de madera o acero. La ventaja de esta técnica consiste en una cierta eficacia en la protección contra los depredadores, sin embargo, presenta algunos inconvenientes, generalmente achacables a factores externos, tales

como el viento o las olas y el coste que representa la mano de obra necesaria para su atención. Otro procedimiento es el empleado en parques abiertos que queden en seco con mareas superiores a 70; en estos casos las jóvenes almejas se siembran sobre el suelo y después se recubren con una red que sirve de protección contra los depredadores durante los primeros estados de engorde. Para la siembra es preciso preparar el sedimento, eliminando del suelo los elementos inútiles, trozos de rocas, etc., nivelándolo y rastrillándolo finalmente, con el fin de destruir los cangrejos y especies que pueden perjudicar el cultivo. Una vez preparado el suelo se hace la siembra en altas densidades y después se cubren con la red.

El mantenimiento de este tipo de explotación es muy simple, hay que revisar sistemáticamente las redes y muy especialmente después de las mareas importantes y de las violentas tempestades. El mayor inconveniente es la fijación de algas sobre las mallas protectoras. Pasado un año, las almejas deben de haber alcanzado una talla media de 25 a 30 mm (10-12 g), entonces se recogen e implantan sobre parques haciéndolo a densidades bajas (200 a 500/m²). La recolección tiene lugar unos 6 meses después de este vareo, cuando hayan alcanzado un peso medio de 20 a 25 g. Los factores determinantes del cultivo de almejas se reflejan en la tabla 24.

Cultivos suspendidos

Para el engorde de las especies en cultivos suspendidos se utilizan diversas estructuras y sistemas, dependiendo de la especie y las condiciones de la zona. En el caso del mejillón, se emplean artefactos denominados bateas (Fig. 22) que han sido popularizadas en Galicia y que constituyen la forma más generalizada del cultivo, variando los materiales de construcción de las mismas así como su complejidad, y en ese sentido, los artefactos que se emplean en las costas mediterráneas son en general más simples que las bateas clásicas de Galicia (Fig. 29).

El mejillón se cultiva en cuerdas de una longitud media de 10 m. La parte superior de ésta o rabiza se ata al emparrillado de la batea, dejándola libre en unos 20 ó 30 cm. Por debajo del agua, a partir de este espacio comienza a colocarse la semilla del mejillón que se envuelve sobre las cuerdas gracias a una red de rayón, la cual al pasar unos días en el agua se descompone, este período de tiempo es suficiente para que la semilla, a través del bisu, se sujete a la cuerda, por otra parte, cada 40 cm de cuerda se instalan unos listones de madera de unos 30 cm. de largo que sirven para fijar y soportar el peso de los mejillones quedando de esta forma confeccionadas las cuerdas (Fig. 30). Transcurridos de cinco a seis meses, debido al crecimiento de los mejillones, es preciso disminuir la densidad de las cuerdas por lo que se confeccionan unas nuevas, operación que recibe el nombre de desdoble, elaborando otras cuerdas bajo el mismo sistema que las primeras.

Tabla 24

Factores determinantes en el cultivo de almejas

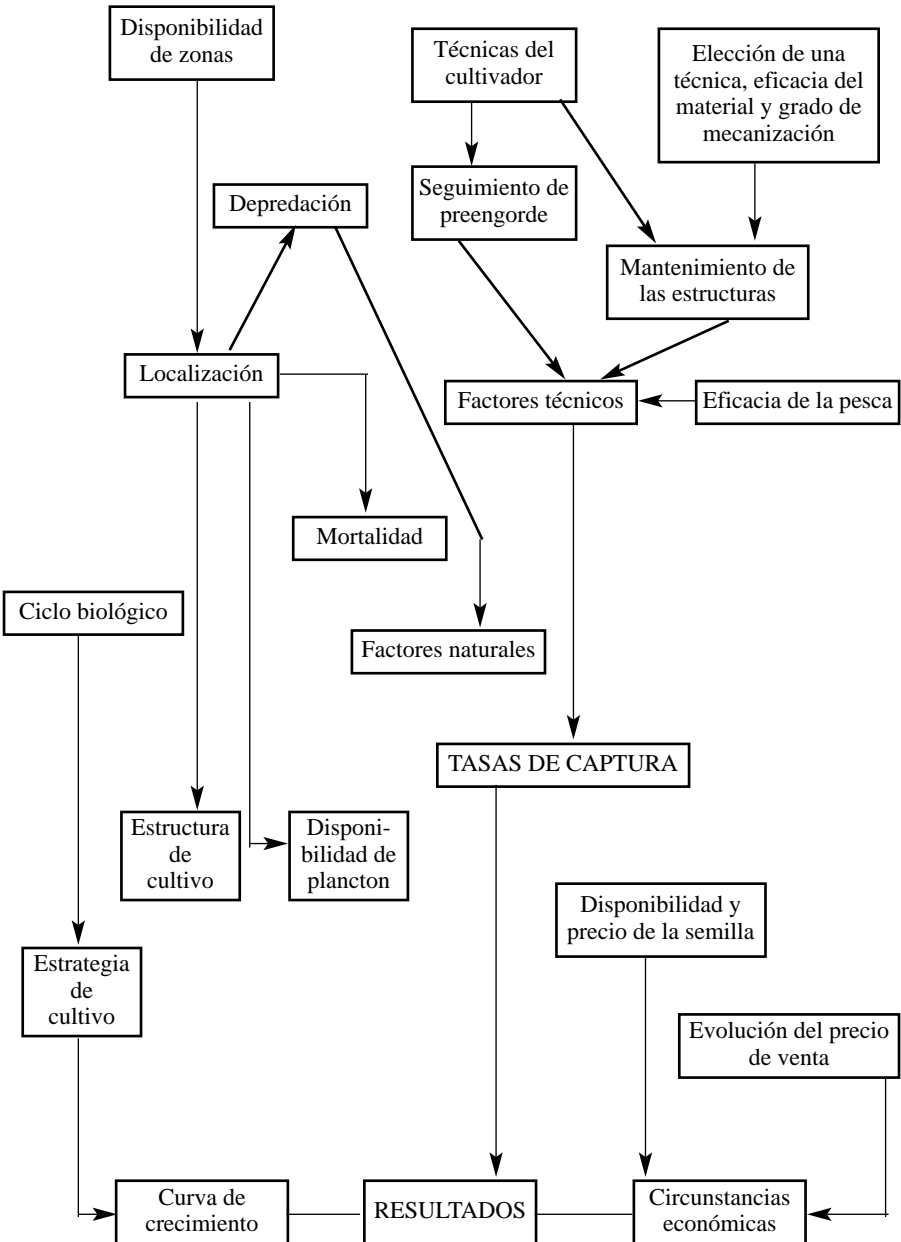


Figura 29

Artefacto para engorde de moluscos utilizado en la costa Mediterránea



Figura 30

Confección de una cuerda de mejillón



Para el engorde de las ostras y las vieiras se puede emplear también el sistema de las cuerdas en bateas u otras estructuras flotantes, si bien en la actualidad estas técnicas están en desuso. El sistema consiste, en el caso de las ostras, en realizar un proceso de fijación de la semilla a las cuerdas mediante una mezcla de cemento y arena, estas se colocan de tres en tres, de tal manera que la cara que se adhiere a la cuerda sea la convexa (Fig. 31).

Figura 31
Confección de cuerdas de ostras



En cuanto a las vieiras, para instalarlas en las cuerdas, se perforan en una esquina de la concha y se pasa a través del agujero un cordel resistente mediante el cual se sujetan a las cuerdas (Fig. 32). También puede emplearse el sistema de pegado que describimos para las ostras.

Otra modalidad de engorde, tanto para las ostras como para las vieiras consiste en colocar la semilla en unas cestas planas cilíndricas de material plástico, de unos 40 cm de diámetro por 9 cm de altura y un entramado de 9 mm de luz. Estas cestas tienen en el centro un canal cilíndrico por el que se introduce una cuerda o una barra, formando de este modo pilas que se cuelgan a su vez del emparrillado de la batea (Fig. 33). Al igual que decimos para las cuerdas del mejillón, al cabo de unos meses se hace necesario desdoblar las especies, es decir, disminuir el número de ejemplares por cestilla, para evitar la competencia de espacio.

Figura 32

Esquema de una cuerda de vieiras



Figura 33

Cestas de engorde de ostras y vieiras



**Análisis del desarrollo de los cultivos:
medio, agua y especies**

Cultivos sobreelevados

Este sistema de engorde se emplea fundamentalmente para las ostras, siendo los métodos más usuales la utilización de sacos de red y/o de mesas, tal como hemos analizado en el capítulo 4.2 y en la figura 23.