



CAPTAR

ciência e ambiente para todos

volume 8 • número 2 • p 13-27

Cultivo de bivalves em maternidade e critérios para a sua localização

A produção de bivalves na Europa é uma atividade muito importante em termos de quantidades produzidas, valor sócio-económico e de empregos diretos criados. As principais espécies cultivadas na Europa são o mexilhão, a ostra japonesa, a amêijoja japonesa e amêijoja boa e a vieira. Uma parte importante do cultivo de bivalves depende da produção de semente em maternidades para o seu posterior cultivo no meio natural. Neste trabalho é descrito o ciclo de vida dos bivalves e as suas principais fases de cultivo em maternidade, nomeadamente o acondicionamento de reprodutores, a indução da desova e o cultivo larvar e pós-larvar. Além disso, são avaliados os principais critérios para a escolha da localização de uma maternidade, sendo a qualidade da água o mais importante, devido ao seu efeito no sucesso do desenvolvimento embrionário e larvar.

Palavras-chave

maternidade

bivalves

cultivo

critérios de localização

qualidade da água

Fiz da Costa

Ana Cerviño-Otero *

Óscar Iglesias

Andreia Cruz

Oceano Fresco S.A., Edifício Mira Center,
Rua do Matadouro, piso 2, Lab. B2,
Valeirinha, 3070-436 Mira, Portugal.

* ana.cervino@oceano-fresco.pt

ISSN 1647-323X

INTRODUÇÃO

A aquicultura é a criação e cultivo de moluscos, peixes, plantas, algas e outros organismos aquáticos em todo o tipo de ambientes. Nestes últimos anos a aquicultura já ultrapassou a pesca como principal fonte de produtos do mar. Em 2015, a União Europeia (EU-28) produziu 1,25 milhões de toneladas de organismos aquáticos de aquicultura, das quais a produção de moluscos corresponde a 47% do total em quantidade e cerca de 23% em valor (Eurostat, 2018). Os principais países produtores de produtos aquícolas na UE, em termos de volume, são a Espanha, o Reino Unido, a França, a Itália e a Grécia (Eurostat, 2018). A produção anual de moluscos é de cerca de 800.000 toneladas, representando um valor de 1.100 milhões de euros e gerando cerca de 37.000 empregos diretos (Robert et al., 2013). As principais espécies de moluscos bivalves¹ cultivadas são mexilhões (*Mytilus galloprovincialis* e *M. edulis*), ostras (*Crassostrea gigas* e *Ostrea edulis*), amêijoas (*Ruditapes philippinarum* e *R. decussatus*) e a vieira (*Pecten maximus*). As espécies não são igualmente produzidas em todos os países, dependendo das condições ambientais e do mercado de cada espécie.

O cultivo de bivalves no meio natural está limitado pela disponibilidade de semente², que pode variar consideravelmente de ano para ano, já que depende fortemente das condições ambientais (que influenciam as desovas naturais e a sobrevivência das larvas) e do aparecimento de episódios de mortalidade causados por certas doenças. Por este motivo, considera-se indispensável para uma produção contínua e sustentável de moluscos bivalves, a existência de maternidades que garantam a disponibilidade permanente de semente. Além de poder garantir a disponibilidade de semente durante todo o ano, acondicionando os reprodutores e adiantando a época de desova natural, a produção de sementes em maternidade apresenta uma série de vantagens quando comparada com a produção natural. Uma das mais importantes é que numa maternidade se pode realizar o controlo de patógenos, permitindo produzir semente livre de determinadas doenças. Isto é feito controlando a origem dos reprodutores (para evitar que transmitam doenças à semente) e mantendo um programa de vigilância epidemiológico na maternidade (em colaboração com as autoridades competentes) para a deteção e controlo de doenças. Outra das vantagens é que, numa maternidade, se podem desenvolver programas de seleção para a obtenção de semente com determinadas características morfológicas, resistentes a determinadas doenças ou com uma maior taxa de crescimento e sobrevivência.

A principal desvantagem da produção de sementes em maternidade é o custo, já que é mais caro produzir sementes numa instalação do que apanhá-la do meio natural. Em algumas espécies a semente procede unicamente do meio natural, como no caso do mexilhão *M. galloprovincialis*, que devido à relativa abundância de semente natural faz com que o seu custo seja muito baixo, o que não justifica a sua produção em maternidade. Noutras espécies, como a ostra japonesa (*C. gigas*) uma parte dessa semente procede de maternidades e outra do meio natural. Por exemplo, em 2008 na França foram cultivadas 5,6 biliões de sementes de ostra japonesa com origem no meio natural e 1,4 biliões com origem em maternidade (Robert, 2009).

¹ Molusco que tem uma concha de duas valvas que são unidas por uma charneira, como os mexilhões, as ostras ou as amêijoas.

² Juvenis dos bivalves.

A partir de 1970 constituíram-se as primeiras maternidades de bivalves na Europa, concretamente em Inglaterra, em França e em Espanha. Atualmente as técnicas de cultivo industrial são bem conhecidas na maioria das espécies de bivalves. No ano 2009, o número de maternidades comerciais de moluscos na Europa era de 34, localizando-se em França, Espanha, Itália, Reino Unido, Irlanda, Países Baixos, Dinamarca, Noruega e Suécia (Robert, 2009). As principais espécies de bivalves produzidas em maternidades comerciais europeias em termos de volume de semente produzida são a ostra japonesa (*C. gigas*) e a amêijoia japónica (*R. philippinarum*). Também se produz semente de outras espécies em maternidades industriais na Europa, mas as quantidades produzidas são muito menores, como é o caso da ostra plana europeia (*O. edulis*), a vieira (*Pecten maximus*), a zamborinha (*Chlamys varia*), a amêijoia boa (*R. decussatus*), a amêijoia macha (*Venerupis corrugata*) e o berbigão (*Cerastoderma edule*) (Robert, 2009; Robert et al., 2013).



CICLO DE VIDA DOS BIVALVES

As amêijoas são espécies dioicas, ou seja, apresentam indivíduos de sexos diferentes, produzindo as fêmeas ovócitos e os machos espermatozóides. Pelo contrário, as ostras são espécies hermafroditas, já que um único indivíduo pode produzir ambos os gametas (ovócitos e espermatozóides). No caso das ostras, os gametas desenvolvem-se na mesma gónada, mas em momentos diferentes ao longo do ciclo reprodutivo, alternando diferentes mudanças de sexo em toda a vida do animal. É por isso que estas espécies apresentam hermafroditismo assincrónico.

A libertação dos gametas nas amêijoas e nas ostras do género *Crassostrea* sp. ocorre na água, desenrolando-se a fecundação externamente, com o posterior surgimento de larvas planctónicas. Na ostra plana (*O. edulis*) a fecundação é interna. Os gametas femininos são liberados na cavidade paleal onde são fertilizados por esperma libertado externamente pelos machos. Os embriões e as larvas vivem na cavidade paleal durante dias antes de serem libertados para o exterior da ostra.

Após a fertilização do ovócito, este começa a dividir-se e aproximadamente 12 horas depois forma-se a larva trocófora³ guarnecida com uma coroa de cílios que nada livremente na coluna de água (Figura 1). Passadas 24-48 horas depois da fertilização, a glândula da concha segrega a primeira concha larvária, que acaba envolvendo a larva trocófora para dar lugar à larva D velígera⁴. Neste momento começa a fase velígera planctónica, aparecendo o sistema digestivo que permite a alimentação exógena de fitoplâncton. Uma das características mais importantes da larva D é a charnela em linha reta e a presença do véu, um órgão que não só serve para a alimentação, mas também permite à larva nadar e mover-se na coluna de água. A partir do momento em que a larva começa a alimentar-se ocorre um aumento considerável no tamanho, o que implica o crescimento da concha e a aparição das linhas de crescimento.

Perto do fim do desenvolvimento larvar, que dependendo da temperatura de cultivo, ocorre entre 14 e 20 dias após a eclosão, a larva começa a desenvolver o pé enquanto o véu ainda persiste: é a chamada larva pedivelígera. Uma característica importante na ostra é que nesta fase se desenvolve o “olho”, uma

³ É uma forma larvária dos bivalves e outros invertebrados, que têm forma de pera invertida e possui cílios para nadar na coluna de água.

⁴ Forma larvária dos bivalves que têm concha e se caracteriza pela presença de véu.

mancha circular escura no centro de cada valva. O aparecimento desta mancha indica o fim da fase larvar e o começo da fixação e metamorfose⁵, assumindo a forma definitiva e terminando o seu desenvolvimento no substrato (Figura 1).

Nos bivalves o período de desova no ambiente natural está dependente da temperatura, salinidade, fotoperíodo e disponibilidade de alimento e é característico de cada espécie. Assim, nas ostras do género *Crassostrea* sp. e na amêijoia boa (*R. decussatus*), a desova ocorre geralmente entre o final da primavera e no verão (Escudeiro, 2006; Matias, 2013; Ojea, 2013). No caso da amêijoia macha (*V. corrugata*), a desova ocorre principalmente no inverno (Cerviño-Otero, 2011) e na ostra plana europeia (*O. edulis*) desde o início da primavera (Guerra, 1979).

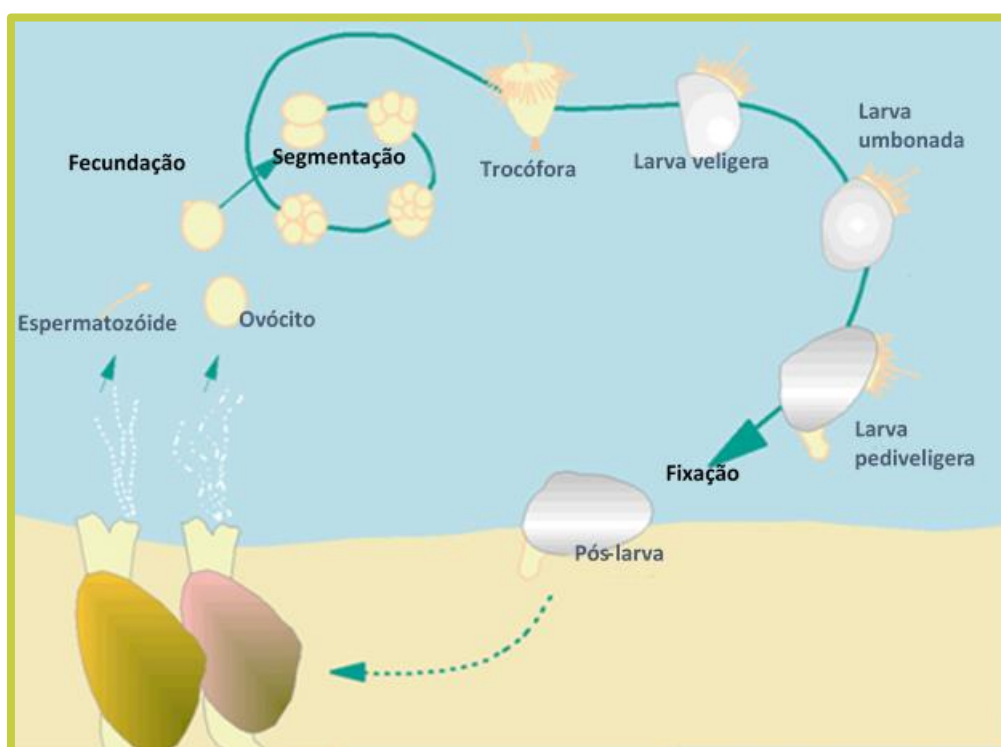


FIGURA 1. Ciclo de vida de uma amêijoia.



FASES DA PRODUÇÃO DE BIVALVES NUMA MATERNIDADE

O processo de produção de bivalves numa maternidade consiste nas seguintes fases:

- Acondicionamento dos reprodutores até à obtenção da desova.
- Desenvolvimento de embriões e larvas e a sua metamorfose em semente.
- Cultivo da semente até obtenção de um tamanho adequado para proceder à sua transferência para o mar, onde crescerá até atingir o tamanho comercial.

⁵ Em bivalves a metamorfose é o período de transição da vida larvar em que as larvas nadam na coluna de água até atingirem o estágio de juvenil, em que os indivíduos vivem enterrados ou colados a um substrato.

Além destas três fases que estão diretamente relacionadas com os bivalves, a produção de fitoplâncton para a alimentação é muito importante para o êxito do cultivo.

O cultivo de fitoplâncton

Os bivalves alimentam-se por filtração, principalmente de fitoplâncton. Desta forma, o cultivo de fitoplâncton na maternidade é necessário para garantir o crescimento ótimo de larvas, juvenis e semente, já que o conteúdo em microalgas naturais na água de mar é insuficiente para alimentar grandes densidades de larvas ou semente. Além disso, durante o tratamento da água por filtração elimina-se o fitoplâncton natural, e por isso este deve ser substituído por microalgas cultivadas na própria maternidade.

A quantidade e qualidade do alimento que se administra são parâmetros importantes para o êxito das diferentes fases do cultivo. Para além de terem de apresentar um tamanho adequado para que sejam ingeridas, geralmente entre 2 e 10 μm , o valor nutricional das microalgas e a digestibilidade das mesmas são aspetos determinantes na escolha das espécies que se vão incluir na dieta. Além disso, é importante ter em conta a facilidade de cultivo de uma espécie de microalga para a escolher como espécie a cultivar numa maternidade (Robert e Trintignac, 1997).

São várias as espécies de algas diatomáceas e flageladas que se cultivam como alimento nas diferentes etapas de cultivo nas maternidades de bivalves. As espécies mais utilizadas nas nossas latitudes são: *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana*, *Tisochrysis lutea* (= *I. galbana* clon T-Iso) e *Diacronema lutheri* entre as flageladas, e *Chaetoceros calcitrans*, *C. mulleri*, *C. neogracile*, *Skeletonema marinoi*, *Thalassiosira pseudonana* e *Phaeodactylum tricornutum* entre as diatomáceas (Robert e Trintignac, 1997).

O fitoplâncton cultiva-se em água do mar natural enriquecida com nutrientes adicionais como nitratos, fosfatos, oligoelementos essenciais, vitaminas e dióxido de carbono. Além disso, no cultivo das diatomáceas adicionam-se silicatos.

Para o cultivo utiliza-se um sistema intensivo monoespecífico. Inicia-se o cultivo usando stocks de pequeno volume (10-250 mL) das diferentes estirpes e que servirão para inocular recipientes de maior volume (2-6 L). Estes, por sua vez, serão usados para inocular os sistemas de cultivo maiores como os sacos de plásticos de 250-400 L. Estes sacos poderão servir de inóculo para cultivos extensivos de grande volume (até 100 m³).

Manutenção de reprodutores e acondicionamento

A manutenção dos reprodutores na maternidade para a obtenção de desovas controladas pode ser realizada de acordo com duas estratégias. Por um lado, pode-se tirar partido da temporada de desova natural, utilizando os reprodutores no momento da maturação. A título de exemplo, no caso da amêijoia macha, *V. corrugata*, o acondicionamento não é necessário já que a desova natural ocorre no inverno e é somente necessário colocar os reprodutores nos tanques (a uma temperatura entre 16-18 °C) até que desovem (Cerviño-Otero, 2011).

Por outro lado, os reprodutores podem ser acondicionados na maternidade fora da sua época de desova natural. Para acondicioná-los controla-se o ambiente físico e o alimento, promovendo o desenvolvimento gonadal e a gametogénese, a fim de adiantar a maturação sexual ou prolongar os períodos de desova natural.

Quando os reprodutores chegam à maternidade deverão ser mantidos em tanques separados do resto das zonas de cultivo numa sala de observação e quarentena de reprodutores. Isto permite analisar o comportamento dos reprodutores quando são introduzidos na maternidade de forma a descartar doenças, o que é muito importante no caso da ostra japonesa devido à pandemia causada pelo herpesvírus. Todo o material utilizado nestas instalações deve ser desinfetado com cloro, para deste modo evitar a possível transmissão de doenças que são trazidas do ambiente natural para as instalações.

O acondicionamento de reprodutores realiza-se em caixas ou tanques de 20 a 300 L (Figura 2). Os indivíduos são colocados nas caixas ou em tanques dentro de bandejas perfuradas, para permitir a passagem de fezes e detritos. Normalmente, são mantidos em circuito aberto, com arejamento constante e à saída dos mesmos são colocadas peneiras com base de malha de 45-90 µm para a recolha das desovas (no caso da ocorrência de desovas espontâneas).

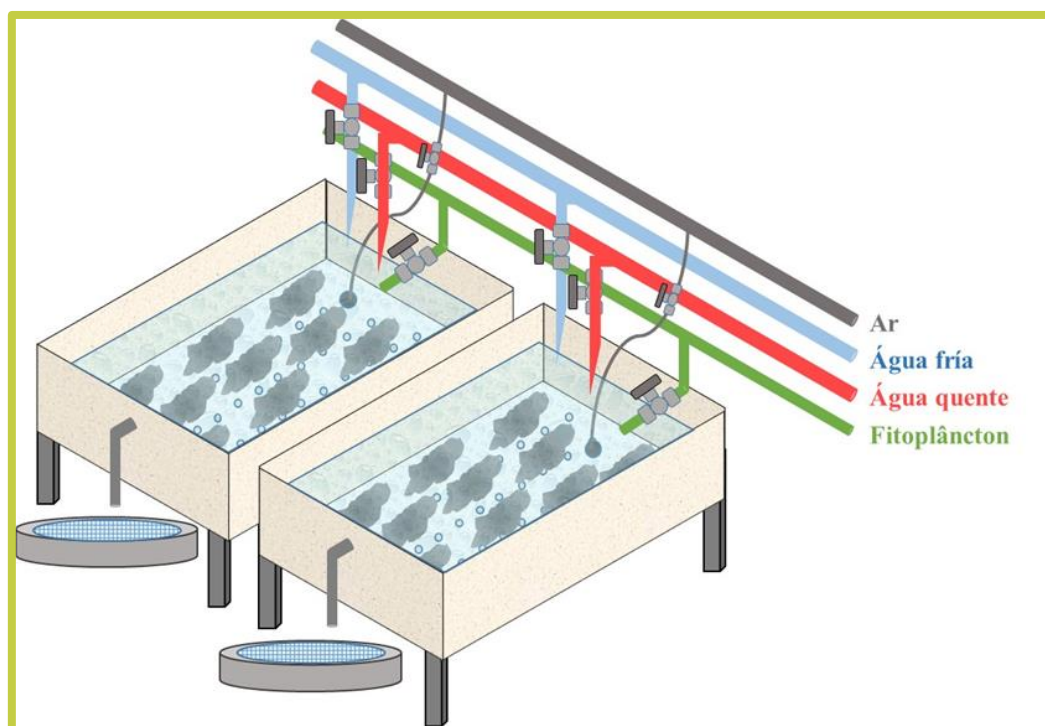


FIGURA 2. Esquema das caixas de acondicionamento de reprodutores.

A cada dois dias os tanques são esvaziados para limpeza e evitar a acumulação de detritos e bactérias. A temperatura da água do tanque é controlada diariamente, os indivíduos assumidos como mortos são retirados e o fluxo de alimento e de água é controlado. A mortalidade mensal que se considera normal durante o acondicionamento é até cerca de 10% dos indivíduos.

Durante o acondicionamento, os principais fatores ambientais que geralmente afetam os reprodutores são a temperatura e a alimentação. As mudanças de temperatura sazonais e a abundância do fitoplâncton no

ambiente natural estão muitas vezes relacionados com o desenvolvimento das gónadas e a gametogénese nos invertebrados marinhos (Sastry, 1979). É por esta razão que, de modo a promover a maturação dos reprodutores durante o acondicionamento, estes são submetidos a um aumento da temperatura e são administradas maiores quantidades de alimento.

A temperatura da água durante o acondicionamento é diferente consoante a espécie. Por exemplo, no caso da amêijoia boa (*R. decussatus*) a melhor estratégia é aumentar gradualmente (aproximadamente 0,1 °C por dia) a temperatura da água desde a temperatura ambiente até 20 °C (Ojea et al., 2008). Na ostra japonesa (*C. gigas*) também se deve incrementar a temperatura da água 0,1 °C por dia desde a temperatura ambiente até 22 °C (Chavez-Villalba et al., 2002).

A alimentação dos reprodutores é feita diariamente, com uma dieta mista de todas as espécies cultivadas na maternidade, numa ração entre 3 e 6% do peso seco de microalgas em relação ao peso seco da carne dos reprodutores (Utting e Millican, 1997). O fitoplâncton deve ser adicionado continuamente através de uma tubagem para permitir um melhor racionamento.

O tempo necessário para acondicionar os reprodutores e obter a desova fora da época natural depende da altura em que se inicie o acondicionamento, e, portanto, do estado gonadal dos reprodutores no início do mesmo. No caso da amêijoia boa, os estudos recomendam começar o acondicionamento em finais do inverno (janeiro) quando no meio natural está a começar a gametogénese (Ojea et al., 2008). Desta forma é possível começar a ter as desovas no mês de março, adiantando assim até três meses relativamente às desovas que ocorrem no meio natural.

No caso da ostra japonesa, se o acondicionamento começa no início do inverno, serão necessários pelo menos dois meses para obter a desova. Se se iniciar no final do inverno, um mês será suficiente para acelerar a maturação e obter desovas controladas.

Obtenção da desova

A indução da desova ou *spawning* permite obter a desova quando seja necessária e sempre que os indivíduos contenham gâmetas maduros. Este procedimento permite a programação dos cultivos e a realização de fertilização controlada. Na indução, os reprodutores maduros são estimulados para libertar os seus gâmetas em resposta à estimulação que é aplicada. O choque térmico, ou de mudanças bruscas de temperatura de água, é o método mais utilizado para a desova de amêijoas, enquanto que na ostra *C. gigas* é utilizado o método manual (ver abaixo).

Para induzir a desova por choque térmico os reprodutores são submetidos a mudanças bruscas de temperatura da água em intervalos de 1 a 2 horas. Para ajudar a iniciar a desova, normalmente são adicionados outros estímulos, como fitoplâncton ou esperma de algum macho sacrificado. Também podem manter-se os animais durante 24 horas em frio (5 °C) e a seco antes de realizar a indução. Quando as amêijoas começam a desovar são separadas das restantes em recipientes individualizados para a realização da fertilização controlada. Os machos produzem um filamento contínuo de aspeto leitoso, enquanto as fêmeas emitem um fluído de aparência mais granular.

Na ostra japonesa desenvolveu-se o método manual, sacrificando os animais e realizando cortes na gónada para obter os gâmetas. Para realizar este procedimento, quando as ostras estão maduras, a concha superior da ostra é separada e são feitos vários cortes nas gónadas usando um bisturi. A gónada é lavada com água do mar filtrada e os gâmetas são recolhidos numa proveta. É importante evitar a quebra do tecido digestivo com o bisturi para não contaminar os gâmetas. Uma vez recolhidos os gâmetas de cada ostra, observa-se ao microscópio uma pequena amostra de modo a eliminar os gâmetas que não estão completamente maduros. Os espermatozóides devem ser móveis e os ovócitos, que no início são piriformes, devem arredondar-se ao entrar em contacto com a água.

Os ovócitos são fertilizados com uma mistura de esperma dos machos. A proporção adequada é de 100 espermatozóides por ovócito para evitar a polispermia⁶ e um desenvolvimento larvar anómalo. Depois de fertilizados, os ovócitos são lavados para remover o excesso de esperma e são introduzidos nos tanques de incubação, a uma densidade de 10 a 20 ovos/mL.

As fêmeas de amêijoia boa podem desovar entre 1 e 2 milhões de ovócitos (Ojea et al., 2008), enquanto que para a amêijoia macha podem ser obtidos cerca de 500.000 ovócitos por fêmea (Cerviño-Otero, 2011). As fêmeas de ostra têm uma elevada fecundidade. Os indivíduos adultos com um peso entre 70 e 100 g podem dar origem de 80 a 120 milhões de ovócitos (Helm et al., 2004).

Durante o acondicionamento, o nível de maturidade deve ser controlado periodicamente sacrificando alguns indivíduos para determinar o momento ideal para realizar a indução da desova. Quando as amêijoas estão maduras, o choque térmico é o método mais eficaz para produzir ovócitos viáveis. No entanto, na maioria dos casos a desova ocorre algumas horas após os choques térmicos terem sido realizados. Por conseguinte, estas desovas irão ser recolhidas nas peneiras que são colocadas à saída do tanque de reprodutores.

Cultivo larvar

Para o cultivo larvar são utilizados tanques de polietileno ou de fibra de vidro troncocónicos de volume variável. O cultivo larvar pode ser realizado tanto em circuito fechado, como em fluxo aberto ou em recirculação (Figura 3). O cultivo em circuito fechado é o mais habitual nas maternidades de amêijoas. No sistema de cultivo fechado a água dos tanques é completamente renovada de dois em dois dias. As principais desvantagens deste sistema são o seu elevado custo, a grande quantidade de mão de obra e as grandes variações da qualidade da água (Joaquim et al., 2016). No sistema de cultivo em fluxo aberto a água é renovada constantemente, de forma a que se evite a acumulação de matéria orgânica e se mantenha a densidade de alimento no tanque (Rico-Villa et al., 2008). Para além destas vantagens, o trabalho é menor, a densidade de cultivo pode ser muito maior e o rendimento do cultivo é também superior (Rico-Villa et al., 2008). O sistema de recirculação consiste num sistema de fluxo aberto acoplado a um sistema de recirculação onde a água é tratada e reutilizada (Joaquim et al., 2016). Este sistema permite reduzir o custo de aquecimento da água (Magnesen and Jacobsen, 2012). O cultivo é feito a uma densidade de 5-10 larvas mL⁻¹ em circuito fechado e de 40-100 larvas mL⁻¹ em fluxo aberto ou em recirculação.

⁶ É a penetração por mais de um espermatozoide dentro de um óvulo durante a fecundação.

A temperatura de cultivo é o fator mais importante que afeta o crescimento e a sobrevivência das larvas, uma vez que a taxa metabólica das larvas é determinada pela temperatura da água em que são cultivadas. Quanto mais elevada for a temperatura de cultivo mais rápido é o crescimento das larvas, mas também maior é a probabilidade de crescimento bacteriano que poderá provocar mortalidade. Considera-se que a temperatura ótima de cultivo para manter uma boa relação de crescimento/sobrevivência larvar é de 20 °C para a amêijoia boa, 18 °C para a amêijoia macha e 22 °C para a ostra japonesa. Nesta fase do cultivo, para estas espécies, a salinidade ótima está entre 32 e 35 e o pH entre 7,9 e 8,4.

A dieta é fornecida diariamente (ou de dois em dois dias), começando com uma ração de 40000 células mL⁻¹ que é posteriormente aumentada até 80000 células mL⁻¹ segundo as necessidades do cultivo. No tanque é colocada uma vareta com aeração suave para ajudar a suspender e misturar as larvas com o alimento.

Fixação e metamorfose

No final da fase larvar, com um tamanho aproximado de 200 a 300 µm, aparece o pé e no caso das ostras também a mancha ocular. Neste momento a larva pedivelígera (com pé e ainda véu funcional) começa a etapa de fixação e metamorfose. Esta é uma fase muito delicada em que ocorrem alterações importantes, tanto a nível morfológico como fisiológico, e que pode levar a elevadas mortalidades se o processo falhar.

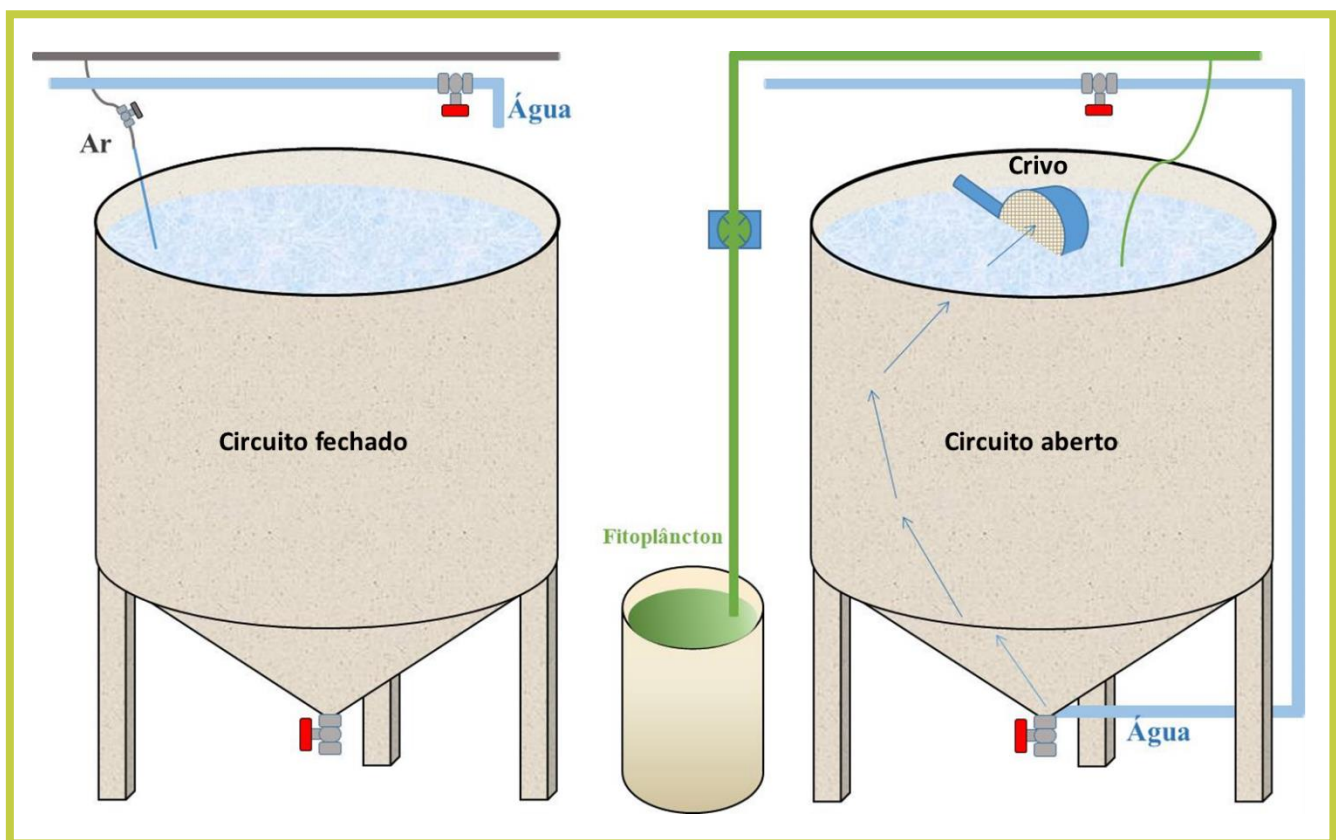


FIGURA 3. Esquema do sistema de cultivo larvário.

Uma vez que os indivíduos atinjam este nível de desenvolvimento sofrem metamorfose e fixam-se ao substrato. No caso das ostras estas segregam uma pequena gota de cimento sobre a concha inferior. A partir deste momento, em que o pé já não é necessário, a larva sofre a metamorfose e o pé é reabsorvido. O desaparecimento do pé e o véu marca a transição de um estágio de larva nadadora para uma semente sésil que fica irreversivelmente fixada a um substrato. No caso das amêijoas, a fixação é reversível; a glândula do bisso situada na base do pé emite uns filamentos para se fixar ao substrato de forma não permanente. A ostra é uma espécie sésil que se fixa permanentemente ao substrato, no entanto, tem a peculiaridade de uma vez descolada não voltar a fixar-se, o que facilita em muito o seu manuseamento e cultivo.

A taxa de mortalidade da ostra japonesa durante a fixação e metamorfose é muito baixa (menor do que 20%), ao contrário das amêijoas, em que a fixação e metamorfose das sementes é a fase em que as mortalidades são mais elevadas (até 50%).

Este processo é realizado nos mesmos tanques em que teve lugar o cultivo larvar, sendo, no entanto, necessário colocar no seu interior um cilindro com base de malha e gerar um fluxo de água através do mesmo e dentro do tanque mediante um “air-lift”.

Cultivo de semente

As sementes serão colocadas nos mesmos cilindros individuais que foram usados para a fixação, mas com um fundo de malha maior (Figura 4). Estes cilindros têm um “air-lift” para forçar o fluxo de água através da semente e são dispostos dentro de tanques de grande volume.

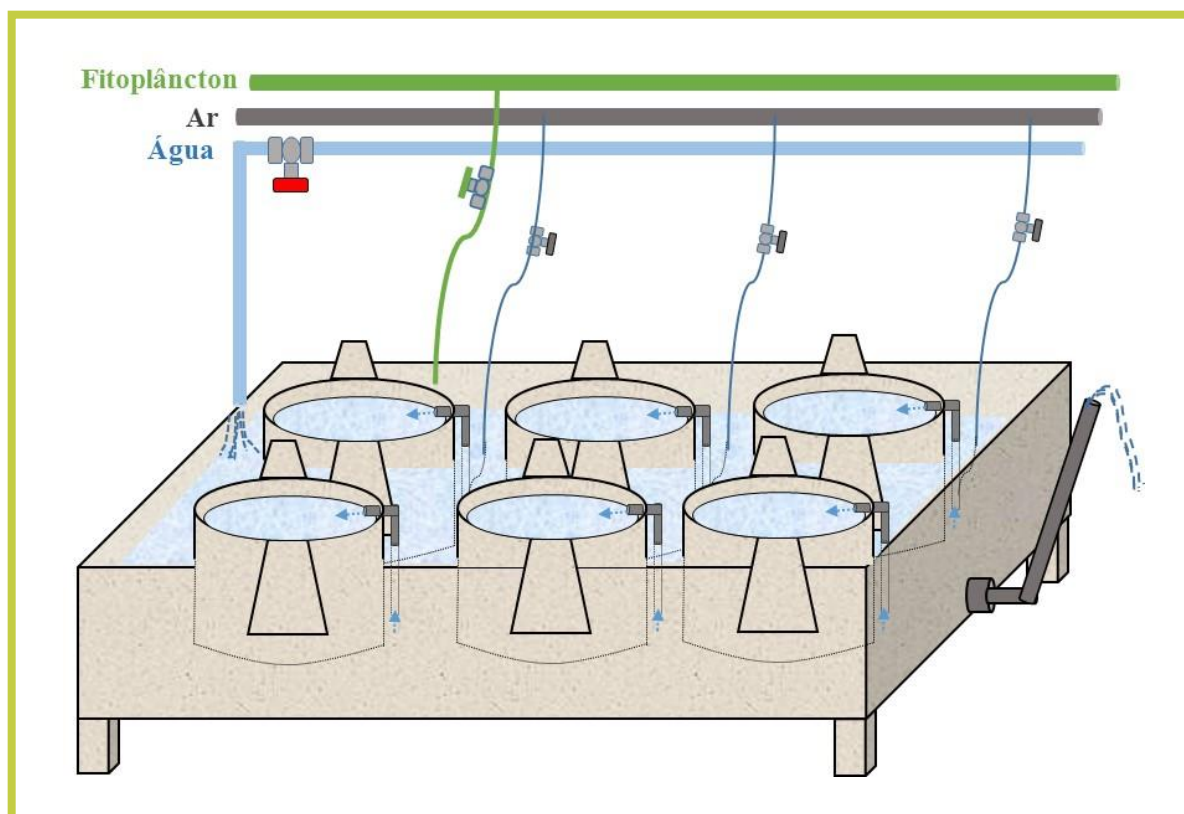


FIGURA 4. Esquema dos tanques de cultivo de semente.

Dentro dos parâmetros de cultivo, a densidade é um dos fatores que mais influencia o crescimento e a mortalidade. A taxa de crescimento é reduzida à medida que aumenta a densidade do cultivo. Quanto maior o tamanho da semente, menor a densidade utilizada. No início do cultivo da semente (300-400 μm) utiliza-se uma densidade de 300 unidades cm^{-2} e no final (5 mm) a densidade é de 30 unidades cm^{-2} .

A temperatura da água depende da espécie que se cultiva, por exemplo para a amêijoia boa a temperatura ótima é de 20 ± 1 °C, para a amêijoia macha é de 18 ± 1 °C e para a ostra japonesa é de 22 ± 1 °C. Nesta fase, o cultivo é normalmente realizado em circuito aberto.

Durante o cultivo da semente, esta deve ser lavada pelo menos uma vez a cada dois dias para evitar problemas de contaminação bacteriana e por conseguinte, mortalidades. É necessário prestar especial atenção à limpeza da malha dos cilindros, uma vez que se se entupirem impedirão a circulação da água e, portanto, será promovido o aparecimento de zonas mortas sem oxigénio.

Quando a semente atinge um tamanho adequado para que seja transferida para o meio natural é levada para instalações de pré-engorda e engorda. O custo de manter a semente numa maternidade aumenta exponencialmente com o aumento do tamanho da mesma, nomeadamente devido ao incremento exponencial do consumo de fitoplâncton.



CRITÉRIOS PARA SELECIONAR O LOCAL MAIS APROPRIADO PARA INSTALAR UMA MATERNIDADE DE BIVALVES

Uma vez explicado o ciclo de vida dos bivalves e o seu cultivo em maternidade é preciso definir quais os critérios para selecionar um local para a instalação de uma maternidade. Há dois tipos de critérios segundo a sua importância: i) os critérios eliminatórios, que são aqueles que devem ser cumpridos obrigatoriamente para que a localização da maternidade seja a adequada; e ii) os outros critérios, que são desejáveis, mas não são tão críticos para o funcionamento da instalação.

Critérios eliminatórios

A qualidade da água

O principal critério para escolher um local para instalar a maternidade é a boa qualidade da água do mar durante todo o ano. Isso significa disponibilidade de água do mar limpa e estável com:

- baixa variabilidade nos principais parâmetros ambientais, tais como a temperatura e a salinidade;
- baixa concentração de sólidos suspensos;
- baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica;
- água livre de poluentes, tais como produtos químicos industriais, pesticidas agrícolas e águas residuais urbanas.

A qualidade da água deve ser incontestável ao escolher o local para instalar uma maternidade. Essas condições podem ser obtidas tanto em boas águas costeiras como em águas oceânicas, longe de

populações, indústrias e campos agrícolas. Além disso, todos os tipos de locais estuarinos devem ser evitados.

A água deve ser preferencialmente captada a uma certa profundidade, por exemplo 8 a 10 metros de profundidade abaixo do nível da maré mais baixa. As águas captadas a maior profundidade são geralmente mais estáveis na maioria dos parâmetros, tais como a turbidez, salinidade, temperatura e pH. Os principais parâmetros que determinam a qualidade da água são os seguintes:

- **Temperatura:** A temperatura da água ao longo do ano é um critério importante ao decidir a localização de uma maternidade e vai depender das espécies de bivalves que vão ser cultivadas. A temperatura deverá ser o mais estável possível ao longo do ano e o diferencial com a temperatura ótima de cultivo das distintas fases de cultivo de bivalves em maternidade não deve ser elevado, já que o custo de aquecer a água no inverno ou arrefecer no verão podem ser muito elevados.
- **Salinidade:** A área de captação de água para a instalação deve ser cuidadosamente pensada, pois dependendo das espécies de bivalves, a tolerância às variações da salinidade é diferente. As áreas com maior descarga de água doce devem ser evitadas tanto quanto possível, fixando o ponto de captação numa área de maior profundidade e longe do curso normal da foz dos rios (se houver). Essa escolha é vital para evitar as inundações com água doce que podem ocorrer com frequência na área e que afetariam negativamente a produção da maternidade.
- **Turbidez:** A turbidez da água deve ser baixa, já que elevados níveis de turbidez aumentam os custos de filtração e tratamento da água. Adicionalmente, o crescimento e a sobrevivência dos embriões e das larvas podem ser mais reduzidos com níveis de turbidez elevados (Zweig et al., 1999).
- **Compostos azotados:** Um dos parâmetros mais importantes para a manutenção da qualidade da água são os compostos de azotados (amónia, nitritos e nitratos). A exposição a altas concentrações de amónia, nitrito e nitrato afeta os organismos de diversas maneiras, promovendo efeitos deletérios (Zweig et al., 1999). De entre estes compostos azotados, a amónia é o maior produto residual do metabolismo proteico na maioria dos animais aquáticos. A toxicidade da amónia é promovida pela sua forma não ionizada (NH_3), enquanto a sua forma ionizada (NH_4^+) apresenta uma menor toxicidade. A concentração de amónia não ionizada depende fundamentalmente da amónia total (não ionizada e ionizada), pH, temperatura e salinidade. Concentrações de amónia superiores a 0,021 mg/L em sistema de cultura podem causar danos nas brânquias dos bivalves, o que prejudica o transporte de oxigénio para os tecidos, e pode causar uma redução na alimentação que afeta negativamente o crescimento do organismo (Colt e Armstrong, 1981). Em geral, em águas captadas no meio marinho, os nitritos e nitratos não representam problemas para a qualidade da água. A toxicidade do nitrito é importante, mas é reduzida na água do mar devido às altas concentrações de cloro e cálcio. O nitrato, o componente final da oxidação de amónia, não é tóxico, exceto em concentrações muito altas.
- **Oxigénio:** O oxigénio dissolvido também é um parâmetro importante da água numa maternidade. O seu equilíbrio ou concentração de saturação de oxigénio dissolvido depende da temperatura e da salinidade. Concentrações inferiores à saturação são normalmente produzidas pela poluição. Os moluscos bivalves toleram baixas concentrações de oxigénio (<5 mg/L) durante longos períodos de tempo, especialmente se as temperaturas forem baixas (Zweig et al., 1999; Laramore, 2015).

- Dióxido de carbono: O dióxido de carbono a altas concentrações reduz a capacidade dos animais aquáticos de transferir oxigénio. A concentração deve ser mantida abaixo dos 10 mg/L (Zweig et al., 1999).
- pH: O intervalo normal do pH é entre 7,9 e 8,4, sendo estes níveis os recomendados. Se o pH da água for muito baixo, os embriões e as larvas terão mais dificuldades para formar as conchas e gastarão mais energia no processo de fabricação das conchas, reduzindo deste modo o crescimento e a sobrevivência (Laramore, 2015).
- Poluentes: As primeiras fases de vida dos bivalves, principalmente os embriões e as larvas, são muito sensíveis aos compostos tóxicos, tais como os metais, as tintas anti-vegetativas, os herbicidas, os pesticidas, etc. (Helm et al., 2004). Os metais que mais habitualmente poderão representar um problema são o cádmio, cobre, crómio, ferro, manganês, mercúrio, níquel, chumbo e zinco (His et al., 1999). Os efeitos letais e sub-letais de muitos poluentes não são ainda totalmente conhecidos, nem sequer os efeitos combinados de vários poluentes. Deste modo, deve-se evitar situar a maternidade perto de fontes de descargas de água industriais, agrícolas e urbanas que possam contaminar o meio natural com poluentes que impactem o cultivo dos embriões e das larvas.

Marco legislativo

Do ponto de vista legislativo, devemos evitar áreas protegidas, reservas naturais ou áreas ambientalmente sensíveis, uma vez que os requisitos legais para implementação deste tipo de infraestrutura podem ser muito mais rigorosos e, por vezes, até mesmo difíceis de cumprir. Este ponto é muito importante, pois o esforço económico para obter as aprovações do projeto e monitorizar as instalações pode inviabilizar o projeto. Além disso, o projeto da maternidade deve ter em conta determinados aspetos sociais, tais como a não interferência com os interesses pesqueiros ou dos apanhadores de moluscos da área, a não invasão de áreas turísticas, assim como não impactar outras atividades industriais da zona.

Outros critérios

Outros critérios desejáveis para escolher o local de instalação de uma maternidade são:

- A disponibilidade de água doce e eletricidade.
- Boas vias de comunicação (ex. a menos de 3 horas de carro para um aeroporto).
- Estar situado perto do mar, mas não a uma cota muito elevada relativamente à altura do nível do mar, de forma a reduzir a energia necessária para bombear a água.
- Que a parcela selecionada tenha uma superfície suficiente para a possível expansão das áreas de cultivo e o aumento da produção no futuro.
- Apresentar uma boa exposição solar para favorecer o crescimento do fitoplâncton e reduzir o uso de iluminação artificial e por conseguinte, os gastos com eletricidade.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de bivalves é uma atividade económica importante em muitas comunidades costeiras da Europa. Para o desenvolvimento do cultivo de bivalves é necessário que os aquacultores tenham sementes de elevada qualidade à disposição, de uma forma estável ao longo de todo o ano e em quantidades suficientes para garantir a sua produção. Só as maternidades podem responder à demanda crescente de sementes de bivalves satisfazendo os critérios citados anteriormente. Os requisitos e métodos de cultivo de bivalves em maternidade são conhecidos e padronizados para a maioria das espécies de bivalves de interesse comercial. Contudo, para que uma maternidade produza sementes de bivalves para venda aos aquacultores, em quantidade suficiente e de forma regular, é preciso uma planificação adequada. Para tal, deverão ser seguidos determinados critérios para a escolha do local de instalação da maternidade, nomeadamente a qualidade da água, questões legislativas e outros aspetos referidos no presente trabalho. Para além de tudo isto, o sucesso de uma maternidade também depende da qualificação técnica dos membros da equipa e de uma gestão empresarial adequada. Adicionalmente, também o investimento em investigação e desenvolvimento na maternidade para a melhoria dos métodos de cultivo e outras atividades, como o desenvolvimento de programas de melhoramento, ajuda a aumentar a competitividade e a reduzir os custos de produção.

agradecimentos • Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto I&DT SEMEAR nº 22390 (16/SI/2016) - CENTRO-01-0247-FEDER-022390 do Programa Operacional Regional do Centro. O contrato de Fiz da Costa foi financiado pelo instrumento da União Europeia 'H2020 SME Innovative Associate' (Grant agreement nº 739773) durante parte da escrita deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cerviño-Otero A (2011). Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural de la almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803). Tese de Doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Espanha, 288 pp.
- Chávez-Villalba J, Pommier J, Andriamiseza J, Pouvreau S, Barret J, Cochard JC, Le Pennec M (2002). Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect. *Aquaculture* 214(1-4): 115-130.
- Colt J, Armstrong D (1981). Nitrogen toxicity to fish, crustaceans and molluscs. Bio-engineering symposium for Fish Culture. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 34–47.
- Eurostat (2018). Aquaculture statistics. Fonte: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Aquaculture_statistics#cite_note-1. Consulta em 23 de outubro de 2018.
- Escudeiro A (2006). Crecimiento y reproducción de la ostra rizada, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), cultivada en intermareal y en batea en Galicia (NW España). Dissertação de Mestrado, Universidade do Algarve, Faro, 84 pp.
- Guerra A (1979). Producción de semilla de ostra y almeja en la Planta de Cultivos Marinos de Ribadeo. Cuadernos Marisqueros.
- Helm MM, Bourne N, Lovatelli A (2004). Hatchery culture of bivalves. A practical manual. FAO Fisheries Technical Paper. Vol: 471.

- His E, Beiras R, Seaman MNL (1999). The assessment of marine pollution-bioassays with bivalve embryos and larvae. In *Advances in marine biology* (Vol. 37, pp. 1-178). Academic Press.
- Joaquim S, Matias D, Matias AM, Leitão A, Soares F, Cabral M, Chicharo L, Gaspar MB (2016) The effect of density in larval rearing of the pullet carpet shell *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791) in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research* 47(4): 1055-1066.
- Laramore S (2015). Water Quality Handout – Florida Clam Industry Workshop, Tuesday, March 10, 2015, FAU HBOI.
- Magnesen T, Jacobsen A (2012) Effect of water recirculation on seawater quality and production of scallop (*Pecten maximus*) larvae. *Aquaculture Engineering* 47: 1-6.
- Matias D (2013). Bases biológicas e ambientes para a optimização da produção de amêijoia boa *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758). Tese de Doutoramento. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 176 pp.
- Ojea J (2013). Estudio del desarrollo gametogénico de la almeja fina, *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) en el medio natural y optimización de las condiciones del acondicionamiento en criadero. Tese de Doutorado. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Espanha, 210 pp.
- Ojea J, Pazos AJ, Martínez D, Novoa S, García-Martínez P, Sánchez JL, Abad M (2008) Effects of temperature regime on broodstock conditioning of *Ruditapes decussatus*. *Journal of Shellfish Research* 27(5): 1093-1100.
- Rico-Villa B, Woerther P, Mingant C, Lepiver D, Pouvreau S, Hamon M, Robert R (2008) A flow-through rearing system for ecophysiological studies of Pacific oyster *Crassostrea gigas* larvae. *Aquaculture* 282(1-4): 54-60.
- Robert R (2009). Review on molluscs hatchery nursery development in Europe. *Aquaculture Europe* 09 «New Research frontiers», 14-17 August 2009, Trondheim, Norway.
- Robert R, Sanchez JL, Pérez-Parallé L, Ponis E, Kamermans P, O'Mahoney M (2013) A glimpse on the mollusc industry in Europe. *Aquaculture Europe* 38(1): 5-11.
- Robert R, Trintignac P. (1997). Substitutes for live microalgae in mariculture. *Aquatic Living Resources* 10: 315-327.
- Sastry AN (1979). Pelecypoda (excluding Ostidae). In: *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, New York. 5: 113-292.
- Utting SD, Millican PF (1997). Techniques for the hatchery conditioning of bivalve broodstocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *Aquaculture* 155(1-4), 45-54.
- Zweig RD, Morton JD, Stewart MM (1999). Source water quality for aquaculture: a guide for assessment. The World Bank. Washington DC, 62 pp.