

## 9. Cultivos auxiliares

El desarrollo de la acuicultura viene condicionado por la disponibilidad de larvas de aquellas especies que el mercado demanda y que por lo tanto han de desarrollarse en cantidad y calidad suficiente. Por ello, uno de los factores limitantes de esta actividad es sin duda el relativo a la nutrición, principalmente en sus fases iniciales o larvarias, de tal forma que una adecuada alimentación va a ser la base del éxito de cualquier cultivo. Dependiendo de las especies que se desee cultivar, será preciso disponer de los organismos adecuados a la ingestión de las mismas, así, los moluscos se alimentan a base de microalgas mientras que las larvas de peces y crustáceos necesitan un aporte nutritivo inicial en forma de organismo vivo, a modo de presa que satisfaga a la vez unos mecanismos de comportamiento de captura, de predación y unos niveles adecuados de calidad nutritiva. Esta situación se prolonga durante todo el desarrollo larvario, y es tanto más crítica cuanto más complicado sea éste, hasta que se alcanzan los estadios postlarvarios que conducen directamente al juvenil, capaz normalmente de alimentarse de dietas basadas en proteínas animales frescas trituradas, o de formulaciones inertes susceptibles de ser manufacturadas en gran cantidad y con calidad aceptable para el crecimiento y engorde del juvenil hasta talla comercial o hasta ejemplar adulto reproductivo (Amat, 1985).

Por tanto, el cultivo de las llamadas especies auxiliares es la base del desarrollo acuícola, y en este sentido, en este trabajo vamos a hacer referencia a los grupos que consideramos fundamentales para la actividad, es decir, dentro del fitoplancton a las microalgas que constituyen el primer eslabón de la cadena trófica acuática, tanto de aguas saladas como dulces y como segundo eslabón de esa cadena a los herbívoros, pequeños organismos que se alimentan de las microalgas y que ellos mismos van a servir de presas a animales carnívoros de talla superior, es decir los constituyentes del zooplancton y que son los que van a utilizarse como alimento de las larvas de los peces y crustáceos objeto del desarrollo acuícola.

Teniendo en cuenta que el zooplancton marino es frágil y difícil de cultivar a altas concentraciones, fue preciso encontrar especies que respondieran a las exigencias de un cultivo controlado y que además presentaran tallas adecuadas a las necesidades de las larvas que iban a ingerirlos, incluso aunque en la naturaleza participen poco o no participen en la alimentación de las mismas. En este sentido son dos las especies que reúnen todas las condiciones y que pueden ser utilizadas en todas las instalaciones de acuicultura, se trata del Rotífero *Brachionus plicatilis* y del pequeño crustáceo *Artemia*.

### 9.1. Microalgas: aspectos biológicos de las especies

Cualquier tipo de desarrollo acuícola depende antes, o después, de un transferidor eficiente de energía exterior, principalmente solar, papel que desempeñan las

microalgas. Como todo alimento vivo, estas especies deben de reunir una serie de condiciones que justifiquen su cultivo, tales como mantenerse en suspensión en el agua, propiedad que poseen las especies fitoplanctónicas, bien sea gracias a sus flagelos o bien por las prolongaciones espinosas, o en algunas especies a la posesión de vacuolas que les permiten la flotación, etc., así como presentar una velocidad de multiplicación rápida, que su valor nutritivo sea aceptable y que sean fáciles de cultivar. En general, las microalgas reúnen todos estos condicionantes, si bien, no se trata de producir la multitud de especies que en la naturaleza sirven de alimento a los animales, en consecuencia, lo práctico y razonable será cultivar un mínimo de variedades que aporten los elementos imprescindibles y en las proporciones necesarias para la nutrición de las especies que se vayan a producir. Por otra parte, será igualmente necesario respetar una cierta relación entre la talla de las algas y la de las presas, más concretamente de sus bocas. Las especies más utilizadas pertenecen a los grupos de Crisofíceas, Bacilarofíceas y Clorofíceas, las cuales poseen características y nutricionales excepcionales en el reino vegetal, principalmente gracias a su alto contenido en proteínas y relativamente fuertes en ácidos grasos insaturados, ambos componentes esenciales para la alimentación de los animales marinos.

Las Crisofíceas, o algas rojas, se caracterizan por ser flageladas, de color dorado o pardo oscuro, debido a ciertos pigmentos carotenoides contenidos en uno o dos cloroplastos de bordes lisos, el Beta-caroteno y Alfa-caroteno así como otros derivados de las xantófilas. En estas especies la reproducción se realiza por división longitudinal de la célula que produce zoosporas provistas de uno o dos flagelos apicales. La reproducción sexual es rara, aunque en algunos casos puede darse una reproducción sexual isógama. En este grupo se encuentran entre otras las especies que suelen ser objeto de cultivo, *Isochrysis galbana*, *Monochrysis lutheri* y *Pavlova lutheri*, las cuales dan muy buenos resultados como nutrientes.

Las Bacilarofíceas o Diatomeas se caracterizan por la complejidad de su célula formada por dos partes que encajan entre sí, estas dos mitades se denominan frústulos y contienen grandes cantidades de sílice, hasta un 95% del peso total. La célula posee un vacuolo central y uno o dos o muchos cloroplastos parietales amarillos o pardorrojizos. La ultraestructura del cloroplasto es parecida a la de las Crisofíceas, los pigmentos verdes, al igual que en aquellas están enmascarados por carotenoides y ciertas xantófilas. Las Diatomeas son generalmente autotróficas y a diferencia de las algas rojas la mayoría no requiere de una fuente externa de vitaminas con excepción de la vitamina B<sub>12</sub>. Las reservas de alimento las almacenan en forma de grasas, aceites y cirolamiranina. La reproducción es principalmente vegetativa, mediante bipartición celular (la presencia de sílice es una necesidad absoluta para la división celular). La reproducción sexual no es frecuente en el medio de cultivo, sin embargo, en la naturaleza se produce tras varias divisiones vegetativas y al ir disminuyendo el tamaño de la célula, pudiendo ser isógama, anisógama y oógama, según la clase. Las especies que se encuentran en este grupo y que reúnen óptimas

condiciones para su uso en acuicultura son *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros calcitrans*, *Cyclotella nana*, *Skeletonema costatum*, y *Thalassiosira pseudonana*; que al igual que decimos en el punto anterior son óptimas como alimento de las diversas especies.

Las Clorofíceas o algas verdes se caracterizan por su color verde intenso debido a las clorofilas *a* y *b*. Contienen también pigmentos carotenoides. Las reservas glucídicas las almacenan en forma de almidón. La reproducción vegetativa la realizan por división celular y en la sexual se pueden dar tres tipos. Constituyen series coloniales. Dentro de este grupo algunas de las especies que son objeto de cultivo son *Chlorella* sp., *Chlamydomonas* sp., *Tetraselmis suecica* y *Dunaliella*; igualmente de gran calidad nutritiva.

Todas estas microalgas soportan márgenes de temperatura y salinidades muy amplios, pueden desarrollarse durante todo el año y los índices de crecimiento son favorables.

### 9.1.1. Sistemas de cultivo

Para llevar a cabo el cultivo de las especies microalgales es preciso realizar una selección de las mismas, selección que ha de basarse en dos criterios fundamentales, el valor nutritivo y la facilidad de su cultivo, además habrá que tener en cuenta características tales como las dimensiones de las células, la naturaleza de las paredes celulares y la composición química. Los requerimientos variarán en función del tipo de especies a alimentar o el estado de evolución de las mismas, si bien, los grupos de microalgas que suelen utilizarse son ricas en contenidos nutritivos (Tabla 31).

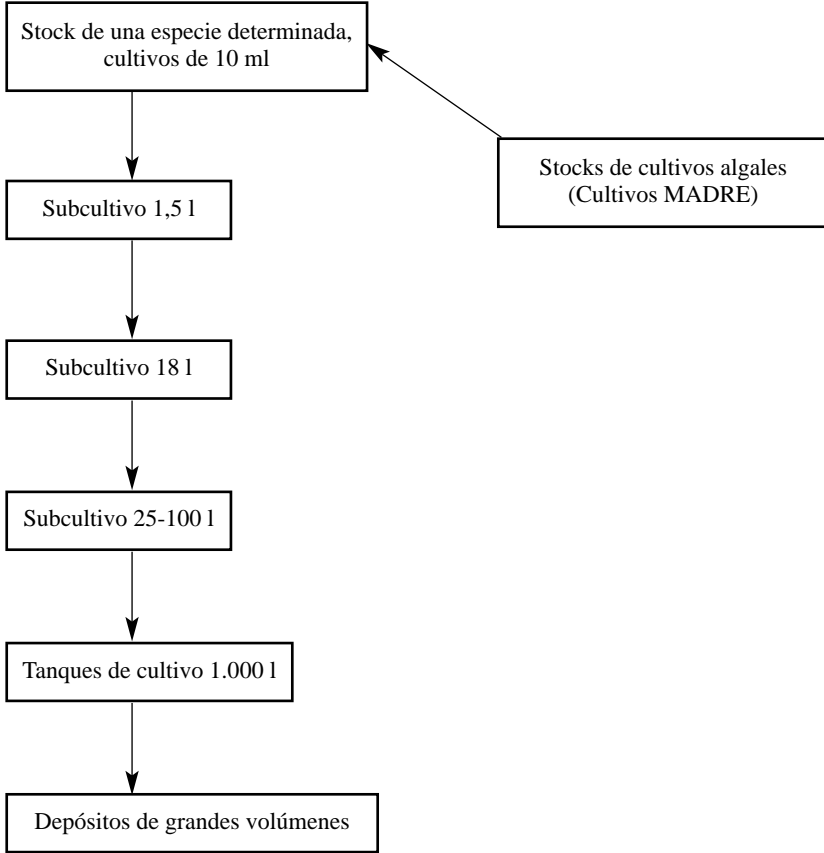
Tabla 31  
Composición de contenidos nutritivos en porcentajes de materia seca  
total de algas fitoplanctónicas  
(Robin, 1982)

	Lípidos	Glúcidos	Proteínas	Cenizas
Clorofíceas .....	5	23	55	15
Crysofíceas .....	8	24	53	21
Bacilariofíceas .....	5	14	33	32
Dynofíceas .....	16	33	30	11
Myxofíceas .....	13	31	36	11

Una vez que se han determinado las especies que serán objeto de cultivo, en la sala o departamento de producción dedicada a ello se sigue un proceso a partir de unas cepas madre que pasan por distintas fases y volúmenes, según el siguiente esquema (Tabla 32):

Tabla 32

**Esquema de un departamento de producción de algas**



Para obtener las cepas madre pueden practicarse varios procedimientos, bien a través de cepas mantenidas en diversos centros de investigación, o en laboratorios especializados, bien aislándolas directamente a partir de muestras de agua de mar, por repiqueteos sucesivos y purificaciones, aunque este último método presenta problemas en cuanto a la purificación de dichas cepas, debiéndose de eliminar las bacterias que pudieran tener para así obtener cultivos axénicos, lo que requiere un proceso de tratamiento previo, que suele basarse en un lavado por migración en un medio que contenga antibióticos; también se puede utilizar un sistema de filtración para retener las algas dejando pasar las bacterias, o bien mediante centrifugación ya que las bacterias más ligeras se encontrarán en el líquido sobrenadante. Asimismo, deben de separarse las especies endémicas de fitoplancton, mediante un sistema de aislamiento que

tendrá como fin establecer un cultivo unialgal, clonal y axénico, tras conseguir la ausencia de cualquier germen, principalmente de bacterias. En todos los casos se requiere una previa preparación de recipientes estilizados al autoclave, bajo radiaciones UV, o mediante limpieza con ácidos (clorhídrico) o bases (hipoclorito) seguida de abundantes lavados en agua destilada. El medio de cultivo, ya líquido o sólido, debe también prepararse previamente y someterlo a esterilización. Obtenida la cepa más o menos pura del alga a cultivar es preciso mantenerla como inóculo inicial y repetitivo, no sólo como precaución ante una posible pérdida del cultivo habitual sino como inóculo rejuvenecedor del cultivo, práctica que debe ser habitual y aconsejable.

Una colección de cultivos-madre es imprescindible para el funcionamiento del conjunto de la producción. Las pérdidas por contaminación o accidentales pueden trastocar toda la producción, por lo que es necesario prestar una especial atención a las mismas a fin de disminuir los riesgos. Se recomienda mantener dos series de cepas, una utilizada para la producción y la otra sólo sometida a las manipulaciones necesarias para su mantenimiento que será empleada únicamente en el caso de pérdida de la cepa de producción. Una vez que se han obtenido las cepas mono-específicas y axénicas, éstas se mantienen en condiciones estériles de laboratorio. Los cultivos de partida o cepas madre se mantienen en medio líquido o sólido, en tubitos de unos pocos mililitros o en placas de pequeño tamaño, siempre en condiciones que limiten al máximo el metabolismo de la cepa, pero que la mantengan sana y pura. Es habitual mantener estos recipientes en cámaras a baja temperatura y en oscuridad o débil iluminación (Fig. 17). Los verdaderos cultivos masivos partirán de los desarrollados en cámaras especiales, recintos cerrados y lo mejor aislados del ambiente habitual, dotados de iluminación variable a voluntad del manipulador y de una temperatura constante alrededor de los 20 °C.

Los inóculos procedentes de las cepas en reserva servirán para desarrollar una secuencia de cultivos en medio líquido en recipientes de tamaño progresivamente mayor (Tabla 32). Es habitual iniciar dicha secuencia con recipientes tipo Erlenmeyer de cristal a los que se ha añadido el agua de mar y el medio nutritivo adecuado, tratados previamente por esterilización al autoclave, por filtración y tratamiento por UV, etc. Se introduce en el agua una siembra de cultivo mono-específico que va a utilizar la energía luminosa para fabricar su materia orgánica a partir del carbono y de las sales nutritivas que hay en el agua. Cada célula reproduce así su materia y se divide en dos células hijas idénticas que van a continuar multiplicándose hasta el agotamiento de uno de los elementos esenciales. A los cuatro días, como norma general, el cultivo desarrollado en estos recipientes servirá como inóculo de volúmenes mayores, generalmente recipientes esféricos o balones de cristal de 1,5 a 18 l, con medio de cultivo tratado como es el caso anterior (Fig. 43). A los cuatro días aproximadamente el cultivo desarrollado en estos recipientes de volumen intermedio servirán de inóculo a recipientes ya mayores y de muy diversa tipología, bolsas de polietileno de 25 a 100 l (Fig. 44), tanques de plástico o fibra de vidrio, en cámaras cubiertas y resguardadas, o tanques de gran tonelaje dispuestos al aire libre.

Figura 43  
**Subcultivos de microalgas**



En general, los recipientes dedicados al cultivo masivo, en medio y gran volumen, van provistos de mecanismos de agitación del medio líquido. Esta agitación tiene como fin prevenir la sedimentación de las células en cultivo, facilitar la dispersión y homogeneización de los nutrientes, acercar a las células algales a la fuente de luz, superficie del recipiente o paredes transparentes, disminuyendo el tiempo de ausencia de luz en el seno de cultivos cada vez más densos, evitar la fotoinhibición, evitar la estratificación térmica o salina, etc. Habitualmente esta agitación se provoca con el burbujeo de aire en el seno del cultivo, aire al que puede añadirse gas carbónico en las dosis más adecuadas. En casos de grandes tanques de cultivo en instalaciones de tipo industrial la agitación puede venir provocada por sistemas tan diversos como *air-lifts*, ruedas de paletas, agitadores superficiales, etc. (Fig. 45).

El agua de mar es el medio más comúnmente empleado para el desarrollo de microalgas en acuicultura, aunque, de ordinario, no contiene niveles suficientes de nutrientes para favorecer la consecución de elevadas densidades en cultivo masivo, por lo que se recurre a prácticas de enriquecimiento o abonado con disoluciones de micro y macronutrientes. En otros casos se llega a confeccionar agua de mar artificial, a partir de agua destilada y adición de ciertas sales, método quizás adecuado

Figura 44  
**Bolsas de cultivos de microalgas**



Figura 45  
**Depósitos de grandes volúmenes**



para pequeños volúmenes, para mantener la rutina de las colecciones de cepas puras base de posteriores cultivos masivos, pero claramente inaplicable a cultivos en gran volumen. Las formulaciones de los medios nutritivos para estos cultivos están básicamente formadas por agua dulce destilada, agua marina filtrada y esterilizada por UV, y sales minerales, nitratos, fosfatos, sales amónicas y/o urea; como macronutrientes silicato y como micronutrientes trazas metálicas y vitaminas. Se les debe proporcionar luz fría constante a intensidades comprendidas entre 1.000 y 5.000 lux, la temperatura se controla entre los 18 y 22 °C y el medio debe mantenerse en agitación fuerte para que el cultivo no sedimente.

Para obtener buenos resultados las condiciones de cultivo deben de ser rigurosas, prestando atención a los siguientes procesos:

— Las manipulaciones han de ser estériles para evitar la invasión por los organismos y guardar una sola especie de alga por cultivo.

— El agua de mar será de buena calidad y estará esterilizada por filtración o por calor. Se enriquecerá con la ayuda de un medio que contenga los elementos necesarios para el desarrollo de las algas, principalmente nitratos y fosfatos, silicatos en el caso de diatomeas, pero también boro, hierro, manganeso, diversos oligoelementos y vitaminas B<sub>1</sub> y B<sub>12</sub>.

— La intensidad lumínica será suficiente (3.000 a 5.000 lux).

— La temperatura constante y óptima, para la especie a cultivar (19-20 °C).

— Habrá aporte de gas carbónico para reemplazar el utilizado por las algas en el agua de mar, jugando además un papel preponderante en el equilibrio del pH.

## 9.2. Rotíferos: aspectos biológicos de la especie *B. plicatilis*

Los Rotíferos, aunque no constituyen un componente habitual del zooplancton marino, se ha comprobado que son los más accesibles de todos los organismos ensayados con la finalidad de ser utilizados como nutrientes de las especies acuícolas; su talla es la adecuada para ser ingerido por las larvas de peces y crustáceos, su cultivo es favorable, presentando altos rendimientos, ya que su capacidad de nutrición es enorme, pudiendo alcanzar varias veces su peso en una hora y por otra parte la calidad nutritiva es asimismo elevada, además de poseer la capacidad de adaptarse y desarrollarse en medios cargados de materia orgánica y poco oxigenados. En condiciones naturales habitan preferentemente en dos tipos de medios, los abiertos tales como las zonas de estuarios y las zonas litorales marinas (Mar del Norte, Báltico) donde se encuentren frecuentemente diversas especies del género *Synchaeta* y los medios cerrados (temporal o permanentemente) como pueden ser las zonas lagunares y medios continentales (marismas, lagos salados, etc.). En las aguas salobres, salinas o hipersalinas, se desarrolla la especie *Brachionus plicatilis*, que es la que nos interesa bajo el aspecto que aquí estudiamos.



*B. plicatilis* es rudimentario, de anatomía compleja, su cuerpo es ovoide, posee un aparato ciliar y peribucal así como un aparato masticador formado por numerosas piezas articuladas entre ellas; los cilios presentan movimientos rápidos que le aseguran a la vez la locomoción y la captura de los alimentos, compuestos generalmente por especies del fitoplancton. Poseen también un pie provisto o no de dedos y más o menos retráctil, el cual le sirve bien sea para nadar o bien para fijarse. La epidermis es cutícula y puede espesarse para formar una lórica rígida y ornamentada, constituyendo placas o una vaina. Sus dimensiones son pequeñas, de 0,2 a 0,25 mm de longitud, filtrador fitófago, con una enorme capacidad de nutrición y que acepta una amplia gama de especies nutritivas. Presenta dimorfismo sexual, los machos son mucho más pequeños, entre la mitad y la décima parte de las hembras y se parecen a las formas primarias de desarrollo de éstas. A pesar de presentar sexos separados, en condiciones favorables, las hembras son capaces de multiplicarse por partenogénesis, siendo en esos casos la reproducción muy rápida, motivo por el cual en régimen de cultivo se procura que no tenga lugar el ciclo sexual. Por otra parte, el ciclo partenogénico puede ser interrumpido por fases sexuadas en función de los factores externos tales como la temperatura, el alimento o la densidad de población, así como la luz, por lo que estos factores serán debidamente controlados.

Son especies euritermas y eurihalinas, se encuentran entre los 4 y 32 °C y en salinidades desde 5 a 70‰, sin embargo las dificultades de adaptación a las variaciones de temperatura y salinidad indican la existencia de variedades o subespecies específicas para las condiciones exteriores.

### 9.2.2. Sistemas de cultivo

Al referirnos a los aspectos reproductivos de estas especies, analizábamos las dos fases que les caracterizan:

- a) Una sexual (míctica).
- b) Una partenogenética (amíctica).

Para incrementar rápidamente la densidad de Rotíferos en una población es necesario mantenerlos en la fase de reproducción asexual o partenogenética, evitando los factores que inducen a la reproducción sexual, ya que a partir de ésta se originan machos pequeños y huevos inactivos. No obstante, efectuada la elección de cultivo (puede ser integral incubando individuos adultos, si bien generalmente se realiza a partir de huevos partenogénicos), teóricamente pueden aplicarse dos procedimientos de producción masiva, uno fundamentado en el crecimiento de las poblaciones partenogenéticas obtenidas de cepas seleccionadas en el laboratorio en función de condiciones óptimas y el otro basado en la producción y almacenamiento de un gran número de huevos de duración con la posibilidad de hacerlos eclosionar según las necesidades de suministro.

En el primer caso, los Rotíferos son cultivados en condiciones de reproducción partenogenética en depósitos bien oxigenados, mantenidos a 25 °C de temperatura media, siendo el desarrollo a expensas del cultivo de algas unicelulares y/o levadura.

Los cultivos en que se utilizan levaduras requieren menos espacio y permiten alcanzar elevadas densidades, lo que reduce notablemente los costes de producción, sin embargo estos Rotíferos dan peores resultados en la alimentación de las larvas, ya que presentan carencias en ácidos grasos y en vitaminas del grupo B, ocasionándose mortalidades superiores a las que se observan cuando son alimentados con algas unicelulares, que presentan un contenido en ácidos grasos poliinsaturados mucho más adecuado para las larvas de peces. Normalmente los Rotíferos que han sido cultivados con levadura se mantienen durante unas horas con fitoplancton, lo que permite así subsanar algunas de las deficiencias nutritivas y obtener especies de buena calidad.

*B. plicatilis* presenta una secuencia en sus fases de crecimiento, que es básicamente la siguiente:

- Fase de latencia después del inóculo.
- Fase de aceleración en la que comienzan a aumentar el número de individuos.
- Fase de crecimiento exponencial de la población.
- Fase de decrecimiento.
- Fase de descenso exponencial que se caracteriza por una caída brusca del tamaño de la población.

Un sistema de cultivo es el denominado en *bloom*, que consiste en efectuar un cultivo previo de fitoplancton y cuando éste alcanza su máximo de densidad se inocula una cepa de *Brachionus* el cual va a desarrollarse en detrimento de las algas. Cuando el alimento ha prácticamente desaparecido se recogen los animales producidos para ser utilizados. Se puede también recolectar una parte y hacer durar el cultivo unos días adicionando alimentos (algas frescas, algas secas, levaduras,...). Esta técnica necesita suficiente espacio pues son necesarios muchos cultivos para asegurar una producción diaria, pudiendo mejorarse si la temperatura se mantiene en valores óptimos.

Otro método es el cultivo continuo que suele realizarse a partir de los huevos incubados en balones de 2 litros que constituyen el stock de cultivo madre del cual se extraen fracciones que pasan a contenedores de mayores volúmenes en los que se va a ir retirando diariamente una cantidad del Rotífero, volumen que se reemplaza por algas, o alimentos bajo forma de polvo, a base de organismos unicelulares producidos por industrias agroalimentarias. Estos cultivos pueden mantenerse varias semanas e incluso algunos meses (Dupeux, 1989) y pueden realizarse en tanques de tamaños variables, de capacidades entre 1-10 m<sup>3</sup>, con aireación constante que permite homogeneizar el medio e impide que el alimento vaya al fondo y a temperaturas de 25-26 °C. La extracción de las especies es por sifonado, haciéndolas pasar a través de una malla en las que los Rotíferos queden retenidos. Cuando alcanzan una elevada densidad se puede cosechar hasta 1/3 del volumen de cultivo por día que se reemplaza por fitoplancton o agua de mar.

En sistema semicontinuo el cultivo intensivo se realiza bajo una elevada concentración de materia orgánica, motivo por el cual se desarrolla un importante número de poblaciones bacterianas, las cuales reciclan esta materia orgánica mientras se multiplican o bien producen sustancias disueltas, de forma que pueden

suplementar un alimento deficiente en ciertos elementos, como por ejemplo en vitaminas del grupo B.

### 9.3. *Artemia* sp.: aspectos biológicos de la especie

La especie que posee las características precisas para su utilización como nutriente en las fases larvares de los peces y crustáceos objeto de cultivo es *Artemia* sp., la cual constituye una excelente fuente de alimentación, presentando un alto valor alimenticio, con elevados porcentajes en proteínas, lípidos y glúcidos. Se trata de un crustáceo filópodo (con patas en forma de hoja) de talla alrededor de 1 cm cuando es adulto, posee un cuerpo delgado, alargado y segmentado, de color rojizo, dividido claramente en tres partes, la cabeza, el tórax y el abdomen. En la cabeza se sitúan un ojo naupliar formado por tres ocelos, los pedúnculos oculares en los que se sitúan los ojos compuestos, las antenas primarias y secundarias así como las piezas bucales formadas por dos mandíbulas y por un par de maxilas, cubriendo las mismas se encuentra un labio superior y entre éste y las piezas bucales se sitúa la boca. El tórax lo forman once segmentos bien diferenciados, cada uno de ellos posee dos apéndices foliáceos en los que se encuentran dos tipos de formaciones, unas situadas en el exterior que actúan como branquias y como órganos excretores y otras en el interior con función natatoria. En el abdomen se sitúan los segmentos genitales. Es un animal filtrador no selectivo, aceptando nutrientes muy variados, algas, salvado de arroz, levaduras, etc., sin embargo su alimentación se basa fundamentalmente en bacterias, microalgas, pequeños protozoos y detritus finos que puedan existir en las salinas, las cuales constituyen su hábitat natural (Dupeux, 1989).

Puede presentar reproducción bisexual, anfioxónica o zigogénica y partenogénica, siendo ambas modalidades excluyentes, sin embargo, sea cual sea el modelo de reproducción, los huevos comienzan a desarrollarse en el interior de la hembra, pudiendo ser expulsadas las larvas a partir de un saco ovífero, es decir, reproducirse por ovoviparidad, o bien por oviparidad, con puesta de cistes o huevos. En el primer caso el huevo se desarrolla íntegramente en el útero de la madre, saliendo al exterior en forma de *nauplius*, los cuales no tienen aún formado el aparato digestivo por lo que se alimentan de las reservas vitelínicas que han acumulado. Cuando la reproducción es por oviparidad el huevo se desarrolla en el interior, si bien hasta el estado de gástrula, momento en el que detiene el desarrollo y se cubre con una cáscara para ser expulsado al exterior en forma de huevo cístico o ciste. Las tasas de fecundación son muy altas, pudiendo producir de 100 hasta 1.500 *nauplius* por puesta y la duración de vida es de unos 6 meses. La metamorfosis desde huevo hasta adulto dura diez días, según la siguiente sucesión:

Huevo: 2 días → *Nauplio* (0,5 mm): 2 días → *Metanauplios* (1 mm): 6 días → *Artemia* juvenil (3 mm).

Sobrevive a temperaturas comprendidas entre 6 y 35 °C, soportando amplias variaciones. Tiene la facultad de desarrollarse en aguas cuya salinidad es superior a la del agua del mar, hasta concentraciones próximas a niveles de saturación, siendo estos los umbrales mínimos y máximos que soporta, si bien sus límites son muy variables y van a depender de una serie de factores, así, por ejemplo en régimen de cultivo pueden sobrevivir a salinidades normales del agua marina y en los medios naturales de salinas hasta salinidades de 330‰.

### 9.3.1. Sistemas de cultivo

*Artemia* puede ser producida muy fácilmente a través de los cistes que se encuentran sobre los márgenes de los lagos salados y que son de hecho embriones en estado de diapausa, los cuales pueden conservarse durante años, hasta que sea precisa su utilización. Estos cistes están recubiertos de una gruesa cáscara resistente denominada corion, que puede ser separada sin afectar a la viabilidad de los embriones mediante un tratamiento de descapsulación, el cual consiste en disolver el corion de los cistes en una solución alcalina de hipoclorito. Los cistes secos se hidratan durante una hora en agua de mar hasta que adquieren la forma esférica, después se traspasan a una solución de NAOCl. La oxidación empieza rápidamente y mientras se disuelve el corion, se observa un cambio de color en los mismos que pasan de un marrón oscuro a un vivo naranja. Después de unos 7 a 10 minutos, el corion ha desaparecido completamente, procediéndose a filtrar, lavar y sumergir los cistes en ácido clorhídrico diluido para eliminar los restos de hipoclorito. Pueden ser sometidos a eclosión o deshidratados en una salmuera (más de 300‰) con el fin de conservarlos para su futura utilización (Sorgelos *et al.*, 1983).

Para la obtención de *nauplius* se debe de proceder a la rehidratación de los cistes y a su posterior incubación y eclosión en recipientes cilíndricos bajo determinadas condiciones. Los procesos de eclosión y decapsulación no son complicados, si bien, en el caso de la eclosión, aunque aparentemente estos pueden eclosionar en una gama bastante amplia de temperaturas, salinidades y cantidad de oxígeno disuelto, la eclosión a elevadas densidades debe de hacerse en condiciones muy estrictas con el fin de utilizar el mínimo de huevos para obtener el máximo de *nauplius*, siendo reglas que garantizan los mejores rendimientos las siguientes:

- Los parámetros de salinidad y temperatura del medio de eclosión controlados durante el período de incubación, en valores de 35‰ y 25-30 °C.
- Los niveles de oxígeno disuelto en el medio de eclosión deben de estar próximos a la saturación.
- Tras la inmersión, los huevos deben iluminarse con intensidades de al menos 1.000 lux, durante algunas horas.

La separación de los *nauplius*, más o menos desligados de las conchas vacías y de los cistes no eclosionados, puede hacerse después de interrumpir la aireación durante 5 a 10 minutos. Las conchas vacías flotan en la superficie mientras que los

*nauplius* se concentran en la parte inferior del cono. El vaciado por sifón se debe iniciar en el fondo con el fin de separar primero los restos pesados y los quistes que no han hecho eclosión que se acumulan justo por debajo de los *nauplius*. Iluminando solamente la parte inferior del cono y aprovechando el fototropismo positivo del *nauplio*, podemos aumentar de forma eventual su concentración. La flotabilidad de las cáscaras vacías puede también ser mejorada añadiendo sal o una salmuera hasta 50‰ de salinidad, antes de su separación, este cambio brusco de la salinidad no afecta de ningún modo a los *nauplius*. La tarea de separación de los *nauplius* de los restos de la eclosión (cáscaras vacías y cistes no eclosionados) es necesaria, ya que éstos son a menudo la causa de perturbaciones digestivas y de enfermedades infecciosas en las larvas y en los alevines de las especies a cultivar. El empleo de quistes decapsulados no sólo elimina los problemas de la separación sino que el uso de esta técnica tiene también otras ventajas, tales como que los quistes se encuentran desinfectados, se mejora la eclosión y sobre todo muchas larvas de crustáceos y de peces pueden estar tan bien alimentadas con los quistes decapsulados como con los *nauplius* recién nacidos. Sin embargo, el uso de los quistes decapsulados necesita una nueva técnica de cultivo, ya que por el hecho de la desaparición del corion, los quistes sedimentan rápidamente en la columna de agua y para mantener esta fuente de alimento en suspensión es necesario aumentar la aireación, como por ejemplo con bombas «aire-agua» (Barnabe, 1991).

Los *nauplius* de *Artemia* deben ser distribuidos a las larvas recién eclosionados, ya que de ésta forma conservan todo su valor energético. Los *metanauplius* se obtienen a partir de *nauplius* cultivados a 25 °C durante uno o dos días y se alimentan con microalgas, con levadura de panificación o con productos comerciales.