

7. Cultivo de crustáceos

7.1. Biología: estudio de la especie *Penaeus keraturus* (langostino)

Tal como exponíamos en el apartado correspondiente a la selección de especies, si bien es cierto que son numerosas aquellas que pueden ser objeto de un cultivo, sin embargo en la actualidad, dentro de este grupo la que alcanza una mayor atención y que se desarrolla con éxito bajo los diversos aspectos aquí contemplados, tecnología, mercados, etc. es por una parte el langostino (*Penaeus keraturus*) como especie comercial para el consumo humano y *Artemia* sp., como organismos imprescindibles en las dietas de las larvas de peces y otros crustáceos, a la que nos referimos en el apartado correspondiente a los «Cultivos auxiliares».

Taxonomía

Se trata de una de las más de 10.000 especies pertenecientes al Orden Decápodos, entre los que se incluyen la práctica totalidad de los crustáceos de interés comercial, constituyen un grupo muy antiguo, ya que se les conoce desde el Perno-Trías (género *Antriripos*), considerándolos como los más primitivos, como lo demuestra su estructura del molino gástrico, las branquias y los espermatozoides (Barnabe, 1991). La clasificación taxonómica es la siguiente:

Orden: Decápodos.

Suborden: Natantia.

Sección: Penaeidea.

Familia: Penaeidae.

Género: *Penaeus*.

Especie: *P. kerathurus* (Forskal, 1775).

Morfología

Los langostinos se caracterizan por poseer un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, forma adaptada a la natación, generalmente poseen en la zona frontal una expansión de la cutícula a modo de estilete llamada rostro y que tiene una función defensiva. Su color rojizo, dispuesto en líneas o bandas, se debe a los cromatóforos del tegumento, el cuerpo está dividido en dos regiones principales, el cefalotorax y el abdomen y posee dos pares de antenas y diez pares de apéndices. El cefalotórax lo forman la fusión de la cabeza y los segmentos torácicos, presenta una cresta dorsal bordeada por dos surcos donde sus bordes cuelgan configurando las cavidades branquiales. En esta región se encuentran los principales órganos internos, tales como el cerebro y el corazón, así como los aparatos respiratorio, reproductor y digestivo, localizándose también en el cefalotórax los apéndices sensoriales, los bucales y las

patas. El abdomen, que es muy musculoso y desarrollado, está constituido por seis segmentos articulados en los que se sitúan un par de apéndices por segmento con sedas muy largas para conseguir una mayor superficie de tracción que terminan en una especie de cola. Generalmente estos apéndices son birrámeos, con las dos ramas bien desarrolladas, cuyas formas y tamaños varían según las funciones que realizan y el sexo del animal. Así en los machos aparecen los dos primeros pares modificados como apéndices copuladores y en las hembras son todos iguales, utilizándolos para llevar los huevos durante su incubación. Los tres primeros pares de los torácicos se encuentran modificados para desempeñar la función de masticadores (maxilípedos) al servicio de la boca; las patas o apéndices ambulatorios están representados por otros cinco pares y los pleópodos (apéndices abdominales) además de actuar en el sistema reproductor son utilizados para la natación. El último par de apéndices abdominales está modificado (urópodos), de tal manera que junto con el telson forman la cola. Las antenas, en número de un par, tienen una función táctil y olfativa.

El cuerpo se envuelve con un tegumento o pared revestida por una cutícula quitinosa, que en esta especie es fina, ligera y, por lo general, transparente. Todo él se cubre por un esqueleto externo que desempeña dos funciones, una la propiamente esquelética, cuyo cometido es el de mantener la estructura corporal y la otra función es la defensiva, ya que posee estructuras desagradables y agresivas para los depredadores. También cuentan con otros sistemas protectores tales como su capacidad mimética, propiedad mediante la cual pasan desapercibidos para los depredadores, ya sea adquiriendo coloraciones semejantes al medio en donde viven o bien por la presencia de sedas, que les dan un aspecto pubescente a la vez que les pueden servir de anclaje para que las algas se fijen cubriendo el animal.

La vida de un langostino comprende al menos dos fenómenos muy importantes y que tienen lugar varias veces durante su existencia, la muda y la reproducción. El primero, la muda, se debe a la posesión del exoesqueleto que impide el aumento de tamaño, motivo por el cual para crecer necesitan desprenderse del mismo, lo que ocasiona un desarrollo discontinuo o a saltos. El proceso de la muda o *ecdisis* es aquél por el cual estas especies se liberan del viejo exoesqueleto y producen al mismo tiempo uno nuevo de mayor tamaño. Este proceso está regido por hormonas, ecdisteroides, que participan en la elaboración de las capas de cutícula que forman el caparazón y que están situadas en la base de los pedúnculos oculares (Daguerre *et al.*, 1990).

La muda representa numerosos riesgos para el animal, la salida del mismo de su viejo caparazón es muy rápida, del orden de 5 a 6 minutos (Daguerre *et al.*, 1990). El nuevo caparazón se forma antes de que el animal se desprenda del viejo, para lo cual la cutícula es segregada en gran cantidad algunos días antes de esta fase. El desprendimiento del caparazón se realiza por rotura, gracias a la acción conjunta de un aumento de volumen en los tejidos por absorción de agua acompañado de movimientos de estiramiento, este caparazón se rompe por unas líneas establecidas que corresponden a zonas más finas, cuando se ha eliminado el primitivo. Una vez que

se ha desprendido del caparazón, el langostino aparece envuelto en el nuevo que es blando, y que se irá endureciendo gracias a la incorporación de sales de calcio. Cualquier dificultad o prolongación de la duración del abandono del viejo caparazón provocará un mal estado fisiológico y si por alguna circunstancia el langostino no llega a extraerlo en su totalidad, morirá rápidamente o será devorado por sus congéneres. Estas fases de la vida, en las que el caparazón todavía no se ha endurecido, son especialmente peligrosas para los crustáceos ya que en esas condiciones se encuentran a merced de los depredadores, y es por ello que a menudo adoptan actitudes de refugio, escondiéndose y camuflándose en el medio hasta que consiguen su dureza característica.

Ecofisiología

Se trata de especies nadadoras que utilizan para esta función los apéndices abdominales y los torácicos, sin embargo, viven cerca de los fondos, generalmente en los de arena fangosa donde encuentran alimento y refugio, pasando la mayor parte del día enterrados en los mismos, para salir de esta inactividad llegada la noche, momento que aprovechan para buscarse otros alimentos. La distribución vertical varía desde el nivel de las playas hasta los 50 m de profundidad. Durante el proceso de metamorfosis se acercan a las playas, ocupando los fondos más someros. Al ir creciendo van descendiendo, de tal manera que existe una clara distribución por tallas respecto a la profundidad. Por debajo de los 20 m sólo se encuentran los de tallas mayores a los 15 cm, cuando llega el invierno se desplazan a mayores profundidades donde permanecen más o menos inactivos hasta la primavera siguiente.

Al igual que en el resto de los seres vivos, los factores ambientales tienen una influencia determinante sobre la biología de esta especie y, entre ellos, la temperatura, que afecta directamente al desarrollo metabólico del animal, a la incubación, influyendo directamente en el tiempo de la misma, que ha de ser corto, e igualmente juega un papel muy importante en el acoplamiento, el cual ante temperaturas muy elevadas o muy bajas se bloquea, realizándose dicho acoplamiento generalmente en otoño o a principios del invierno. También actúa directamente sobre el desarrollo embrionario y larvario y en los procesos de muda, e indirectamente a los procesos desencadenantes de alteraciones e infecciones de tipo patológico.

Respecto al proceso de las mudas, éste no sólo es dependiente de la temperatura, sino que está bajo el fotoperíodo y las condiciones nutricionales ya que si estas son adversas pueden disminuir la frecuencia, la cual varía con el tamaño y la edad. Las larvas la realizan de dos a tres veces diarias, los juveniles cada 3-25 días según la temperatura (Daguerre *et al.*, 1990).

Otro factor fundamental para esta especie es la iluminación, ya que al efectuar migraciones verticales diurnas, consistentes en el ascenso a capas más superficiales durante la noche para permanecer ocultas durante el día son dependientes del mismo. Hay por lo tanto una adquisición muy precoz de dos fases muy distintas de comportamiento y fisiología, una fase diurna de completo reposo y una fase noc-

turna de actividad en la cual el consumo energético es elevado. Durante la fase nocturna el animal realiza sus principales actividades vitales, busca y captura del alimento, muda, desplazamiento y migraciones, cópula, puesta, etc. El paso de una fase a otra está determinado por la luminosidad ambiental e intensidades de luz débiles son suficientes para desencadenar la actividad de ocultamiento en aquellos animales que se encuentran en fase nocturna (O'C Lee y Wickins, 1997).

El aumento de la temperatura y el incremento del fotoperíodo en primavera van a estimular la diferenciación de las células precursoras de los óvulos (los ovocitos). El número de óvulos que llegarán a la maduración ya se determina en este período, es decir, justo después de la eclosión de las larvas en las hembras maduras, o sea, el primer estado de desarrollo de los futuros óvulos está desencadenado por el fotoperíodo y la temperatura. La terminación de la maduración tiene lugar al final del verano y, en ese momento, la disminución de la temperatura es el factor predominante. La importancia de estos factores radica en que el proceso de maduración de los ovarios se inicia con unas condiciones determinadas que van a perdurar hasta el final del período aunque cambien *a posteriori* dichas condiciones, hasta el punto de que si una hembra se desplaza centenas o millares de kilómetros, continuará con su maduración ovárica al mismo ritmo que en el lugar de origen, es decir, las nuevas condiciones de temperatura y de fotoperíodo no modificarán el desarrollo en curso (Daguerré *et al.*, 1990). Por otra parte, el aumento del fotoperíodo y de la temperatura van a estimular la multiplicación de las células sexuales que no hayan sido diferenciadas, transformándolas en espermatozoides. Este fenómeno sucederá durante todo el verano, para disminuir y finalmente parar con motivo de los descensos de la temperatura ambiente del otoño.

Respecto a los cambios de salinidad, estos sólo repercuten a nivel de consumo de oxígeno de tal forma que un descenso de la misma que coincida con uno de oxígeno disuelto puede provocar la muerte del animal. Al tratarse de especies muy exigentes en los niveles de contenido de oxígeno, una deficiencia y/o un exceso de este gas puede provocar fuertes mortalidades.

Reproducción

Son animales dioicos (dimorfismo sexual), cuyas diferencias entre sexos no sólo se manifiestan a nivel fisiológico sino que se pueden observar desigualdades morfológicas, destacando las diferencias de las pinzas o quelas, más desarrolladas en los machos que en las hembras; los primeros pleópodos de los machos generalmente se encuentran modificados como apéndices copuladores, mientras en las hembras, que incuban sus huevos, los pleópodos se presentan tapizados de largas sedas y finalmente la talla, que por lo general suelen ser mayores los machos que las hembras. La madurez sexual se alcanza cuando los juveniles adquieren la capacidad de producir espermátóforos fértiles, convirtiéndose en adultos. Tiene lugar a una edad fija y por tanto una talla determinada, denominada «talla de madurez». Al mismo tiempo se dan las transformaciones morfológicas relativas al dimorfismo sexual. Aunque un

individuo sea maduro, la producción de gametos tiene que sincronizarse con sus otros procesos fisiológicos, como la muda, y con la producción de gametos femeninos por parte de las hembras. Generalmente los machos producen gametos durante todo el año y sólo la interrumpen mientras dura la muda, momento en el que los testículos se encuentran en reposo.

La copulación o acto reproductivo se inicia en la primavera, época en la que se van concentrando machos y hembras, en profundidades que oscilan entre los 10 y los 30 m. Ese encuentro se ve favorecido por el hecho de que las hembras expulsan al medio ambiente unas sustancias químicas llamadas feromonas, que tienen la propiedad de atraer a los machos de su especie. Provocado el encuentro entre los individuos de los dos sexos, acto seguido y en la mayoría de las especies tiene lugar un «cortejo ritual» de reconocimiento y aceptación, antes de producirse la cópula. El apareamiento se produce generalmente cuando la hembra tiene el caparazón blando (es decir, acaba de finalizar la muda) y consiste en la deposición de uno o más espermátóforos (que contienen mucho esperma) en, sobre o cerca de los orificios genitales de la hembra. La puesta tiene lugar en verano, y los huevos, una vez expulsados por las hembras, son depositados en el fondo, en donde tendrá lugar la incubación, caracterizada por efectuarse en un período corto de tiempo, permaneciendo unidos en el fondo formando paquetes gracias a una sustancia gelatinosa. Los huevos eclosionan a las pocas horas del desove y de ellos nace una larva en forma de *nauplius* que crece rápidamente hasta convertirse en otra larva, *zoea*. Cuando la *zoea* se convierte en *mysis* (nuevo estadio larvario), después de las mudas correspondientes, empieza la vida bentónica del langostino.

Las larvas son de vida libre y forman parte del zooplancton (meroplancton), es decir, viven nadando en el agua y son arrastradas por la acción de los movimientos marinos ya que su capacidad de natación es insuficiente para contrarrestar la fuerza de las corrientes y dinámica del mar. Para este tipo de vida planctónica es necesario que las larvas posean una serie de adaptaciones, básicamente presentar estructuras para la natación activa, alimentarse de plancton y ser transparentes, lo que les permite pasar relativamente desapercibidas a sus depredadores.

En el desarrollo larvario se suceden distintos estadios, que se agrupan en los siguientes:

Huevo → *Nauplio* → *Zoea* → *Mysis* → Langostino

El *nauplio* es una larva primitiva de todos los crustáceos que sólo aparece en los langostinos, caracterizada por estar desprovistas de boca, que se nutre a expensas de las reservas contenidas en el huevo. Este *nauplio* da lugar al nacimiento de una larva capaz de alimentarse, la *zoea*, que presenta tres estados sucesivos y cada uno de estos tres estados viven algo más de 24 horas y en ellos aparecen de forma progresiva nuevos apéndices, al mismo tiempo que se diversifican las funciones, transformándose la mandíbula en un verdadero apéndice masticador, mientras que las anténulas y los maxilípedos juegan un papel predominante en la natación. La

siguiente fase, la larva *mysis*, difiere profundamente del último estado *zoea* presentando a grosso modo el aspecto de un pequeño langostino, pero se distinguen fácilmente por sus largas patas torácicas desprovistas de pinzas y que sirven para la natación, su apéndice caudal y su rostro particularmente desarrollado. El comportamiento de las *mysis* es también muy diferente, mientras que la *zoea* se desplaza por sacudidas y se mantienen verticalmente en el agua con la cabeza hacia arriba, esta se mantiene con la cabeza hacia abajo, realizando de tarde en tarde bruscos movimientos de ascenso. Al igual que en las *zoeas*, existen tres estados *mysis* sucesivos, separados por mudas, que se distinguen esencialmente por el desarrollo y la compleja estructura de los apéndices.

Después de una metamorfosis real, la *mysis* da lugar a una postlarva o joven langostino muy parecido al adulto, caracterizándose por el número y disposición de los dientes que adornan el rostro, las espinas, surcos y quillas del caparazón cefalotorácico y la presencia de apéndices abdominales útiles para la natación (Barnabe, 1991). Las postlarvas más jóvenes llevan una vida pelágica; posteriormente, unos cuatro o cinco días después de su metamorfosis, modifican gradualmente su comportamiento, y a partir del sexto u octavo día las postlarvas adoptan el comportamiento característico de los adultos.

Respiración

Los órganos respiratorios son las branquias, formadas en la base de los apéndices, situadas a ambos lados del cefalotórax en sendas cámaras protegidas y recubiertas por el caparazón. El número de branquias es de veinte pares, de ellos dieciocho más o menos desarrolladas y dos reducidas; el color es blanco grisáceo. Las branquias, por simple contacto con el agua y gracias a la sangre que circula por ellas, extraen el oxígeno disuelto en el agua, necesario para la respiración.

Aparato digestivo y nutrición

El aparato digestivo comprende la boca, que se abre ventralmente, y está rodeada de las piezas masticadoras, ésta conduce a un corto y ancho esófago que se dirige hacia la parte dorsal para desembocar en un estómago de compleja estructura, dividido en dos regiones, la cámara cardíaca y la pilórica. La cámara cardíaca está provista de un aparato triturador compuesto por varios dentículos llamados osículos, que se encargan de triturar el alimento que llega al estómago, a continuación pasa a la cámara pilórica en la que desembocan los enzimas digestivos provenientes del hepatopáncreas. Del estómago parte un largo intestino que posee ramificaciones ciegas que aumentan la superficie de absorción. En el comienzo del intestino desembocan los conductos del hepatopáncreas, órgano muy desarrollado, cuya misión principal es la de segregar los jugos digestivos y, en algunos casos excepcionales, acumular reservas. El extremo del intestino se abre al exterior por la abertura anal al final del abdomen. Los apéndices bucales son un par de mandíbulas, dos pares de maxilas y los

tres pares de maxilípedos, todos ellos son los encargados de la trituración y la manipulación del alimento.

Las fases larvarias tienen la base de su alimentación en el fitoplancton, los *nauplios*, como ya hemos dicho, se alimentan de sus reservas vitelinas, la larva *zoea* se nutre a base de pequeños animales del zooplancton, el tipo de alimentación en esta fase es por filtración, nutriéndose de algas fitoplanctónicas; cuando las larvas están bien alimentadas excretan un cordón fecal constituido por algas a medio digerir, característico de un buen estado de la cría. Finalmente, en estado *mysis* tienen un régimen carnívoro bastante estricto, consumen vorazmente zooplancton (Rotíferos, *nauplios* de *Artemia*, etc.).

La alimentación en sus fases juveniles es herbívora, pasando de adultos a un régimen omnívoro, es decir, que alternan en su alimentación las presas vivas, cazadas por ellos mismos, materia orgánica en descomposición y algas.

Excreción

Los órganos excretores están constituidos por un par de glándulas, llamadas antenales y maxilares, que toman su nombre de los apéndices en cuya base desembocan. No funcionan simultáneamente, sino que se suceden durante el ciclo vital; en los estados juveniles funcionan como órganos excretores las glándulas maxilares, mientras que las antenales lo hacen en estado adulto. El producto de esta excreción son compuestos de nitrógeno y entre ellos el amoníaco.

Aparato circulatorio

Está formado por un corazón que se encuentra en posición dorsal, de él salen dos tipos de arterias que se dirigen a los diferentes tejidos del animal, de manera ramificada e irrigan todos los órganos del cuerpo. Es un sistema circulatorio abierto, ya que las arterias vierten la sangre a zonas amplias de los tejidos, llamadas lagunas.

La sangre, que está compuesta por glóbulos blancos y como pigmento la hemocianina, sale del corazón por contracción de éste, partiendo por la arteria oftálmica, las antenales y la aorta abdominal superior. De los tejidos pasa a las venas, que la llevan a las branquias, donde se realiza el intercambio gaseoso, y de aquí llega al corazón, entrando en él por dilatación pasiva del mismo.

Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso se encuentra bien desarrollado y está constituido por una masa cerebroide, dos conectivos periesofágicos y un cordón ventral. La masa cerebroide consta de tres partes, una anterior, otra media y otra posterior, de las cuales parten los nervios que enervan los ojos, las antenas y anténulas.

Como principales órganos sensoriales se encuentran dos ojos pedunculados que son compuestos, ligeramente móviles y de una determinada complejidad en su

estructura. Las anténulas y antenas tienen misión olfatoria o gustativa. En la base de las anténulas presentan los órganos del equilibrio o estatocistos, que permiten al animal tener en cada instante el sentido de la propia posición. Los órganos del equilibrio están constituidos por unas pequeñas cámaras tapizadas de células sensitivas y en cuyo interior contienen una o más piezas duras, estatolitos, sujetas a la acción de la gravedad por las que el animal conoce su posición.

7.2. Patología

Al igual que al referirnos a los moluscos, diferenciamos entre los términos enfermedad y mortalidad y así mismo es preciso tener siempre en cuenta las interrelaciones existentes entre el medio, las técnicas empleadas para el cultivo, la manipulación y la elección de especies. Dicho esto, hemos de aclarar que en el medio natural se desconocen, generalmente, los factores que provocan las enfermedades de los crustáceos, sin embargo se han logrado grandes avances en el conocimiento de la patología en condiciones controladas. En general, son especies que cuando se desarrollan en aguas de buena calidad, resisten diferentes tipos de infecciones y parasitismos, debido a la protección que supone el hecho de poseer un caparazón quitinoso y otros elementos de defensa como las bacteriolisinas, aglutininas, fenol-oxidasa, hemofagocitos, encapsulación y melarinación.

Los principales problemas patológicos en este grupo son de tipo viral, detectándose también diversas patologías asociadas a bacterias, rickettsias, hongos y protozoos. Bonami (1997) resalta el hecho de que desde 1993 la producción de camarón se ha estancado en relación a la producción prevista en años anteriores, atribuyendo esta situación al desarrollo de enfermedades, que son fundamentalmente de carácter epizootico viral y que constituyen en la actualidad el mayor problema en el control patológico en los cultivos de crustáceos.

Patologías provocadas por bacterias

Las bacteriosis suelen estar relacionadas con los estados de debilidad, estrés, manejo inadecuado, contaminaciones o medios acuáticos desfavorables, alimentación deficiente, períodos de muda y sobre todo con las erosiones y lesiones del caparazón. Estos tipos de patología pueden ser externas y/o internas. Las bacteriosis externas se deben a las quitinívoras, que originan la enfermedad del caparazón y utilizan el exoesqueleto como alimento y a las filamentosas o no filamentosas, que actúan como epibiontes de la cutícula. La enfermedad del caparazón se asocia generalmente a bacterias pertenecientes a los géneros *Vibrio*, *Beneckea*, *Pseudomonas* y *Soirillum*, así como a una Mixobacteria del género *Phoptobacterium*; este tipo de enfermedad afecta fundamentalmente a las especies que se encuentran en condiciones de cautividad, pudiendo detectarse por simple observación a partir de los primeros síntomas,

los cuales consisten en la aparición de áreas o manchas oscuras blandas, débiles o ulceradas en las regiones del caparazón, sobre todo en los apéndices y superficie ventral. Las lesiones en estados más avanzados se pueden localizar también en las láminas quitinosas de las branquias, que se hacen más finas o son destruidas por completo, con lo cual se producen trastornos respiratorios y la muerte por hipoxia o anoxia. Si las lesiones se dan en los tejidos blandos del tegumento se provocan alteraciones importantes a nivel de los procesos de la muda.

Existen ciertas bacterias filamentosas, entre otras la especie *Leucothrix mucor*, que se alojan en la superficie del cuerpo y de las branquias de los langostinos, así como en los huevos. Generalmente esta bacteria está asociada a otros epibiontes, como las algas verdes y hongos, viéndose favorecidas las infecciones masivas en los medios que contienen elevados niveles de materia orgánica, nitratos y fosfatos y por las altas temperaturas, alcanzando el óptimo a 25 °C. La actuación de esta bacteria es a nivel de las branquias, impidiendo la respiración y originando la muerte del langostino, sobre todo en los estanques de cría de larvas y huevos embrionados. Otras bacterias, no filamentosas, se localizan en la superficie del caparazón y de las branquias, siendo algunas quitinoclásticas y responsables de lesiones tegumentarias; si estas infecciones son masivas, actúan como en el caso de las citadas anteriormente (*L. mucor*), ocasionando la muerte por asfixia. Otra patología provocada por una bacteriosis externa es el llamado síndrome hepato-intestinal, que también se conoce como enfermedad entérica, siendo los agentes causantes de dicha enfermedad bacterias Gram negativas de los géneros *Citrobacter* y *Proteus*, que afectan al lumen y a los epitelios del intestino medio y hepatopáncreas, cuya sintomatología más destacada son las convulsiones tetánicas, coloración pardusca del abdomen, caparazón azulado, enteritis y decoloración del hepatopáncreas.

Ciertas especies de bacterias Gram negativas, fundamentalmente de los géneros *Vibrio* y *Pseudomonas* han sido descritas en crustáceos mantenidos en cautividad (Bower *et al.*, 1994) si bien se cree que actúan como agentes patógenos oportunistas y que el grado de patogenia, con la aparición de enfermedades, se halla asociado a los estados de debilidad y estrés, a las erosiones, traumatismos y heridas propias del manejo inadecuado y a las altas densidades de población en acuicultura, por lo que el control y prevención de las enfermedades que éstas puedan causar se logra mediante la utilización de una buena calidad del agua y un manejo correcto de las especies, así como el mantener los cultivos en densidades de poblaciones adecuadas. Las puertas de entrada de estas infecciones son generalmente las áreas blandas de la cutícula, las membranas intersegmentarias y los orificios naturales. La forma aguda generalmente termina con la muerte de los animales afectados en 1 a 6 días. En la forma crónica los animales se vuelven débiles, con movimientos anormales, y más tarde se observa rigidez o incluso tetania. En los ejemplares moribundos o muertos pueden distinguirse, a través de las membranas intersegmentarias, una musculatura opaca-blanquecina, así como oscurecimiento y enrojecimiento del tegumento y melanización de branquias, aunque los tres últimos signos no son patognómicos.

También se debe a un proceso de tipo bacteriano el llamado síndrome tóxico del langostino o enteritis hemorrágica, que ha sido asociado a los filamentos del alga azul-verde *Spirulina subsalsa*, manifestándose en forma de elevadas mortalidades en tanques y estanques de cría. Los animales afectados al final del proceso presentan una musculatura abdominal blanquecina opaca, la cutícula pálida y frecuentemente el intestino vacío con necrosis o destrucción total del epitelio intestinal. Parece que las lesiones son causadas por una toxina de las algas *Spirulina*, que al necrotizar el epitelio del intestino favorece la invasión de gérmenes de salida, especialmente vibrios (Bautista, 1988).

Patologías provocadas por virus

Las enfermedades causadas por infecciones virales, y particularmente en especies de importancia económica, constituyen, sin duda, el factor más limitante en el desarrollo de los cultivos, siendo descritas básicamente en langostinos. Se han encontrado referencias de virus pertenecientes a los Iridoviridae (Lightner y Redman, 1993), Parvoviridae (Bonami *et al.*, 1990), Picornaviridae, Baculoviridae (Lightner y Redman, 1981), Reoviridae (Nash *et al.*, 1988), Rhabdoviridae (Spann *et al.*, 1995) y Togaviridae (Bonami *et al.*, 1992).

Para Bonami (1997), el control de las enfermedades virales es una prioridad absoluta si se quiere asegurar el éxito en los cultivos de langostinos. En general, el desarrollo de estos procesos se ve favorecido por los estados de estrés, las excesivas densidades de población y los tratamientos terapéuticos, pero no se ha encontrado relación entre calidad de agua y epizootias.

Virus relacionados con los Reovirus (RVL) se han encontrado en cultivos que presentaban aguas con valores extremos de salinidad (alta o baja). En estos casos, la infección se caracterizó por movimientos perezosos, no ingestión de los alimentos, trastornos de la muda, contracciones tónico-crónicas de apéndices locomotores y posterior parálisis, seguidos de mortalidades elevadas. Otros síntomas observados han sido el tono de las branquias, que aparecen rojo-parduzcas y con necrosis e invasión de hemocitos en el sistema nervioso.

Dentro del grupo de los Picornavirus, ciertas especies afectan a los tejidos de origen ectodérmico, como las células neurosecretoras y otras células nerviosas, epidermis, epitelio branquial, de la vejiga y del aparato digestivo; a veces pueden invadir el tejido hematopoyético y los hemocitos. Los animales enfermos, frecuentemente ciegos por lesiones y obliteración de ommatidios, manifiestan anormalidad de conducta, natación desordenada y permanecen con la cabeza dirigida ventralmente. La muerte se origina por dificultades respiratorias y de control osmótico, o bien por fallos de procesos vitales como consecuencia de la localización vírica (Bonami *et al.*, 1997).

Patologías provocadas por parásitos

Son numerosas las parasitosis por protozoos que se encuentran citadas en la bibliografía, destacando las Microsporidosis y las Haplosporidosis. Las Microsporidosis,

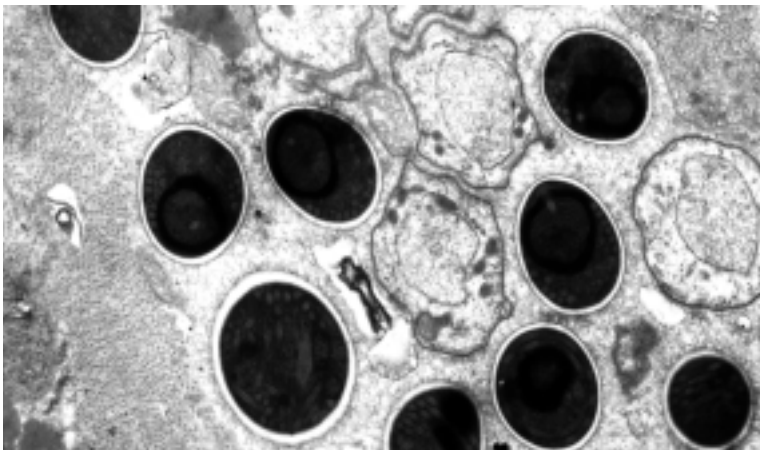
afectan a la mayor parte de crustáceos y son debidas a diversos géneros, entre los que se pueden citar *Agmasoma*, *Amesoma* (= *Nosema*) y *Pleistophora* (Fig. 34). En cuanto a las Haplosporidiosis, están provocadas por la especie *Haplosporidium louisiana* (Bower *et al.*, 1994).

Otras enfermedades parasitarias son las de tipo micótico, que en los crustáceos revisten una gran importancia y transcendencia, en razón de que muchas de ellas son la causa de catastróficas epizootias y de elevadas mortalidades. La especie más común pertenece al género *Fusarium*, la cual causa la enfermedad de las manchas negras o de las branquias negras. Los animales de cultivo son más susceptibles a esta enfermedad, cuyas puertas de entrada del hongo, que no es capaz de atravesar los tejidos sanos, son los tejidos muertos y dañados del caparazón y las branquias, como consecuencia de los excesos de población, de manipulaciones, de tratamientos químicos inadecuados, etc. Son síntomas típicos las manchas negras del exoesqueleto en la base de los apéndices y partes laterales del cuerpo y el ennegrecimiento de branquias, las cuales aparecen secas y arrugadas. Otras infecciones están provocadas por el género *Lagedinium* (Bower *et al.*, 1994).

También son procesos de tipo fúngicos las blastomicosis, cuyos agentes etiológicos son levaduras normalmente saprofitas en los crustáceos, que se transforman en patógenos al concurrir estados de debilidad y estrés, erosiones y heridas, etc. Las levaduras no tienen efectos tóxicos aparentes pero causan la muerte por la detención de la corriente hemolinfática y probablemente por agotamiento de las reservas energéticas de las especies. Ciertos hongos Ficomycetos son la causa de la enfermedad de las manchas rojas o herrumbrosas, al penetrar en la cutícula y más tarde en los tejidos blandos, no obstante para que la penetración tenga lugar es preciso que existan

Figura 34

Esporas en fase de esporoblastos de *A. atlanticus* en tejidos de camarón
(foto cedida por el Dr. Azevedo)



erosiones, heridas, amputaciones, etc., en el caparazón, circunstancias que se presentan sobre todo en épocas de acoplamiento, altas densidades de población, deficiencias de manejo, manipulación, etc. La cutícula afectada se vuelve fina, blanda y friable y el centro de las lesiones puede perforarse y ulcerarse, invadiendo así la musculatura y las branquias. La sintomatología consiste en la aparición de manchas cuticulares parduzcas o negras, de 0,3-1,5 mm de diámetro, con márgenes rojos que destacan con la cocción. Otras micosis son debidas a la especie *Leptolegnia marina*. El hongo actúa penetrando a través de las partes blandas del caparazón, como son las membranas intersegmentarias y la cutícula de la cámara branquial, extendiéndose después a la región bucal, apéndices y pedúnculos oculares, aunque el mayor crecimiento tiene lugar en las branquias. Es posible que este hongo sea un agente secundario del proceso invasor de anteriores lesiones bacterianas.

Una deformación que se detecta en casi todas las especies de langostinos es el incurvamiento de cola, consistente en una flexión rígida de la cola de imposible corrección. La excitación de los animales originada por las capturas y el manejo parecen desempeñar cierto papel en la aparición del proceso, aunque también se ha observado en condiciones normales. Las deformaciones aparecen en verano, especialmente en agosto, por lo que se piensa que la temperatura elevada del agua puede ser una de las causas determinantes. Los langostinos parcialmente incurvados nadan con el abdomen hacia arriba mientras que los deformados totalmente lo hacen sobre sus regiones laterales, siendo en tales circunstancias más frecuente el canibalismo. El tratamiento consiste en corregir rápidamente las condiciones ambientales de estrés en cuanto aparecen los primeros signos de enfermedad, en cuyo caso el proceso puede ser reversible.

Podemos citar otros síndromes, tales como el mortal en la muda, siendo el signo clínico más común la presencia de depósitos de calcio inscrustados en la exuvia, cuya formación se debe a la escasa cantidad de lecitina de soja presente en la dieta, que incrementada hasta un 7,5% de peso seco dio lugar a una baja significativa en la mortalidad. El síndrome mortal de la muda debe de ser distinguido de la enfermedad del caparazón, producida por organismos quitinoblásticos que atacan y erosionan el exoesqueleto; la diferencia estriba en que en el síndrome mortal no se presentan zonas de erosión (Bautista, 1988).

En cuanto a los tratamientos, si son cultivos intensivos, se aplicarán las medidas preventivas, fundamentalmente de desinfección, para los que existen en el mercado numerosos productos, en continua evolución y específicos para cada infección y/o infestación.

7.3. Genética

La genética en el campo de los crustáceos ha evolucionado de forma destacable, sobre todo en cuanto a las características heredables y de hibridación, si bien las

mejoras más importantes se suelen alcanzar a través de cambios en el medio ambiente o en las prácticas de cultivo (O'C Lee y Wickins, 1997).

Existen técnicas probadas para la producción de reproductores así como para el control de maduración sexual, impregnación artificial y desove. Así, actualmente, se puede trabajar sobre la inducción del desove en hembras ovígeras salvajes recién capturadas (la mayoría del desove resulta del shock de captura o por un cambio de las condiciones ambientales en la estación de eclosión), sobre la inducción de la maduración en adultos criados en estanque y hembras salvajes no ovígeras y la remaduración y acondicionamiento de los adultos salvajes previamente desovadores (principalmente por ablación) y del cultivo en el estanque (principalmente a través de influencias dietéticas ya que ellos ya habrán sido ablacionados). La maduración es inducida ampliamente en el langostino extrayendo las glándulas que secretan las hormonas inhibitoras de la gónada. Es posible que el proceso pueda afectar también a las hormonas implicadas en la movilización de las reservas alimenticias y puede conducir a una reducida calidad del huevo. Las investigaciones se están conduciendo por lo tanto a encontrar otros medios para inducir la maduración con menos probabilidades de tener efectos colaterales indeseados.

Muchos estudios implican una búsqueda de inductores naturales a través del control de la intensidad, la longitud de onda y el fotoperíodo de la luz, normalmente en asociación con incrementos de la temperatura. La calidad del agua es importante y se ha indicado una inhibición de la maduración en relación con los niveles de materia orgánica disuelta, pH bajo y calcio. Colocando *P. japonicus* en agua de mar previamente expuesta a la radiación ultravioleta puede inducirse también la maduración. No hay evidencia de que los machos estimulen el desove en las especies con telico cerrado (O'C Lee y Wickins, 1997).

7.4. Sistemas de cultivo

Las principales fases involucradas en el cultivo de crustáceos son, al igual que en los otros grupos, tres, las relacionadas con la maduración, reproducción y el desarrollo larvario, para la obtención de alevines, el preengorde y el engorde.

Obtención de alevines

El stock de huevos embrionados y de larvas es producido a partir de la fase de maduración y reproducción mediante técnicas de inducción, cópula y puesta en cautividad. Otra forma de obtención de huevos y larvas es a partir de la captura de hembras maduras y grávidas en el medio natural, o bien por reclutamiento de los primeros estadios o fases juveniles.

El método a emplear para obtener puestas a partir de hembras salvajes maduras capturadas en el medio natural, consiste en instalarlas en tanques adecuados en

los que se someten a un shock térmico, logrando de este modo que realicen las puestas. Existen semilleros naturales donde pueden ser recolectadas las postlarvas y los juveniles, estos son zonas en las que la corriente es mínima, quedando al descubierto en bajamar. Otra forma de recolección es a través de bombeos directos del agua o mediante la utilización de compuertas que en la pleamar permiten la entrada del agua junto con las postlarvas o juveniles. Estas postlarvas capturadas se colocan en piscinas ubicadas cerca de los estanques de cría, donde permanecen durante uno o dos meses para adaptarse o incluso se las mantiene en recipientes que contengan agua de las piscinas donde van a ser colocadas. En estas piscinas el terreno tiene que ser poco permeable, con un desnivel en el suelo inclinado hacia la compuerta, para facilitar la captura, el vaciado y la limpieza. Además existen compuertas para la entrada y salida del agua con el fin de mantener la suficiente renovación. Suele haber también reservorios de agua desde donde ésta pasa a las piscinas.

El método más empleado en el cultivo de langostinos se realiza a través de la obtención de larvas mediante puestas inducidas, que se lleva a cabo en las *hatcheries* a partir de la instalación de adultos en la sala de acondicionamiento de los progenitores, estos se pondrán en bajas densidades, en depósitos con doble fondo de arena, los cuales se mantienen con un sistema mediante el cual el agua pasa a través del sedimento lo que permite tenerlos bien oxigenados. Los progenitores deben de estar en proporciones tales que el número de hembras sea superior al de machos. La maduración se programa mediante variaciones en los factores del medio, básicamente luminosidad y temperatura, así como la alimentación. Cuando las hembras ya están maduras y próximas a la puesta se introducen en unos depósitos «ponedores» que suelen cubrirse con unas tapaderas negras para aumentar la temperatura y controlar el fotoperíodo, en estos depósitos permanecerán 2 ó 3 días.

Durante esta etapa de maduración de las hembras la alimentación es muy importante, ya que de ella van a depender tanto la calidad de los huevos como el desarrollo de las larvas, por lo que es preciso prestar atención a la composición de los nutrientes, así como que sean suficientes para cubrir el coste metabólico que se necesita en la maduración de los ovocitos y la biosíntesis de las reservas vitelinas. Para una evaluación adecuada de la dieta de maduración se recomienda basarse en el desarrollo de los parámetros del índice gonado-somático y frecuencia de puesta, del número de huevos producidos y del porcentaje de eclosión y supervivencia larvaria.

Existen numerosos protocolos alimentarios para estas especies, si bien podemos considerar que el representado en la tabla 25 puede considerarse aceptable de forma general. Entre los factores que influyen en el comportamiento alimentario se encuentra la textura del alimento, el período en el que está disponible, frecuencia de distribución y fundamentalmente el contenido en colesterol ya que los crustáceos son incapaces de sintetizar este ácido graso y es un componente importante en todas las membranas celulares, además de precursor de moléculas bioactivas como, por ejemplo, las hormonas esteroideas. Por otra parte, a la hora de seleccionar los componentes de la alimentación, debe de buscarse que estos contribuyan a un crecimiento

Tabla 25

Composición de alimentos que dan un buen crecimiento en el langostino *P. japonicus*
(Cuzon, 1982)

Composición de base	% Proporción en los alimentos
Proteínas	55
Glúcidos	16
Lípidos	6
Cenizas	13
Humedad	10
Ingredientes	% Proporción en los alimentos
Harina de pescado	40
Cereales y subproductos	25
Harina de soja	8
Levaduras	15
Minerales	4
Mezcla vitamínica	3
Aceites	5

rápido, una buena tasa de conversión y una tasa de supervivencia elevada y, además, que no contaminen el agua.

Cuando las hembras han realizado la puesta se aumenta progresivamente la intensidad de producción fitoplanctónica, que servirá de alimento a las larvas en estado *zoeas*, y se fertilizará el agua con nitrato, fosfato y silicato con el fin de producir un *bloom* de algas, a partir del tercer día después de las primeras puestas y permitirá, por otro lado, el desarrollo de poblaciones zooplanctónicas de los cuales, primero las *mysis* y después las postlarvas, durante los primeros días de su vida, se alimentarán por turnos. Sin embargo, es necesario complementar esta alimentación carnívora que se ha producido de forma natural en los estanques, añadiendo *nauplios* y estados juveniles de *Artemia*. La densidad, tamaño y el tipo de alimento a suministrar en cada momento del desarrollo larvario deben de ser estudiados previamente, considerando adecuada una alimentación natural bentónica con adición de *Artemia* adulta en los primeros días, bajo el siguiente calendario de ingesta:

1-20 días	6 tomas cada 4 horas.
20-35 días	3 tomas de noche.
35-40 días	2 tomas noche.

Durante las primeras fases de desarrollo es preciso controlar el agua, tratando de mantener los factores dentro de unos parámetros aceptables respecto a las concentraciones de materia orgánica e inorgánica particulada, oxígeno disuelto, salinidad, pH y temperatura. La salinidad natural a la que tiene lugar el desarrollo larvario varía entre 27 y 32‰, pudiéndose aumentar, sin efectos adversos, por encima de

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

35‰ en cultivos artificiales. De igual forma las larvas y postlarvas resisten una amplia variación de temperatura, entre 15 y 33 °C, situándose el óptimo entre 28 y 30 °C. Los niveles generales de tolerancia son:

- Temperatura: 16-30 °C
- Salinidad: 15-30‰
- Oxígeno: > 5 mg/l
- pH: 7,8-8,3
- Amoníaco no ionizado (NO₂-N): < 0,2-0,25

En definitiva, es sumamente importante que los estanques destinados al desove y cría larvaria estén bien localizados, con aguas claras, tranquilas y fértiles para facilitar el crecimiento de algas fitoplanctónicas. Una vez que se alcanza el estado postlarvario o primeros juveniles, es necesaria una aireación y circulación del agua. La *Artemia* aún se le puede suministrar, pero ya no como alimento base, pasando a otro tipo de alimentación. La base fundamental de la dieta debe estar formada por Anélidos, Nemátodos, Copépodos, Bivalvos y pescados, todo ello troceado convenientemente. La alimentación, a partir de esa etapa, debe ser abundante para disminuir en lo posible el canibalismo que aparece en esta fase y que puede ser el origen de numerosas mermas en la población de los distintos tanques, pero hay que aquilatar mucho para no incurrir en una sobrealimentación que pueda ensuciar el agua y llegar a producir una anaerobiosis o una contaminación metabólica.

Preengorde

Esta fase se inicia cuando las postlarvas alcanzan de 1 a 2 gramos de peso, si bien no debe durar más de 40 días, se lleva a cabo en estanques con escaso nivel de agua, con renovación de la misma y una buena aireación en el fondo, el cual estará recubierto por una delgada capa de arena que les permita enterrarse durante el día. La alimentación suele ser artificial, a base de piensos secos específicos para estas etapas del crecimiento.

El preengorde tiene numerosas ventajas ya que permite la manipulación de los jóvenes langostinos que se han vuelto mucho más resistentes que las primeras postlarvas y pueden ser trasvasados de un acuario a otro hasta su colocación en los estanques de cría definitivos. Dado el relativamente escaso volumen de agua, todavía es posible calentarla ligeramente para así tener un crecimiento inicial rápido.

Engorde

El engorde de esta especie puede realizarse bajo diferentes sistemas, extensivo, semiintensivo o intensivo. El cultivo extensivo se lleva a cabo en estanques naturales contruidos frecuentemente en antiguas salinas, con una superficie de varios miles

de metros cuadrados que ocupan una o dos hectáreas y con una profundidad de agua de 1,50 m como máximo. La renovación del agua está asegurada por el juego de las mareas que pueden alcanzar diariamente entre un cuarto y un tercio del volumen total del estanque, según el nivel de la toma de agua. Las compuertas, protegidas por redes de malla adecuadas a la talla de los langostinos, permitirán el paso del agua e impedirán la huida de los jóvenes langostinos y la entrada de los depredadores procedentes del medio natural. En dichos estanques se introducen las postlarvas o alevines y se dejan bajo alimentación natural si bien incrementándola mediante fertilización o bien suplementando con alimentos artificiales. Antes del período de llenado con agua, que precede inmediatamente al principio de la cría, se vacían los estanques y el sol y el laboreo permiten la oxidación completa de los residuos orgánicos enterrados producidos en la anterior campaña de cría. Este vaciado tiene también por misión erradicar los depredadores endógenos.

Los cultivos semiintensivos que se realizan actualmente utilizan el cultivo intermedio y el bombeo como medios de asegurar cosechas estables. Los estanques suelen tener tamaños muy variables, con fondos de arena o mixtos arena-arcilla; el recambio del agua es del 10-20% diario y la alimentación artificial, a base de alimentos naturales, carne triturada de moluscos, misidáceos congelados, krill, etc., manteniendo la floración fitoplanctónica mediante la adición de sales minerales que aportan una alimentación complementaria gracias a la cadena alimentaria que se produce de forma natural.

El cultivo intensivo consiste en instalar las especies en estanques ubicados en la zona intermareal, contruidos de piedras y cemento y con mallas en la parte superior que permitan los intercambios de agua, a veces de hasta el 90% diario. Otro sistema es el que emplea estanques de tierra con grandes compuertas de marea que permiten también un alto porcentaje de recambio de agua. El fondo de los estanques suele ser de arcilla dura, con algo de arena y detritus orgánicos. No son aconsejables terrenos blandos o de material poroso. Debe evitarse que la capa de fango sobre la arcilla que constituye el fondo del estanque sobrepase los 50 cm de espesor, para así evitar que se produzcan condiciones anaerobióticas que afectan negativamente la producción de estas especies. Otro tanto ocurre con los excesos de materia orgánica.

La alimentación que se suministra al estanque está compuesta sobre todo de alimentos frescos, en general moluscos, que se han pasado previamente por un molino triturador para romper las conchas. También pueden ser utilizados otros subproductos de la pesca (residuos de pescados, de crustáceos, etc.). Actualmente se lleva a cabo la sustitución de estos alimentos frescos por granulados ya que los primeros plantean problemas de acondicionamiento y conservación, y que su precio varía según épocas del año y contaminan el fondo de los estanques si no son totalmente consumidos.

Como resumen podemos definir de forma esquemática el cultivo de langostinos según la tabla 26:

Tabla 26
Fases de un cultivo de langostinos

Fases	Características del cultivo	Duración
Progenitores	Depósitos circulares en circuito abierto	Algunos meses
Larvas	Depósitos cilíndricos en circuito abierto o cerrado	15-20 días
Postlarvas	Depósitos rectangulares Circuito abierto	30-45 días
Talla comercial	Depósitos en tierra Cuadrados-rectangulares Renovación de agua controlada	±100 días