

Alimento nutritivo, colorido y en movimiento: Los cultivos de apoyo en Acuicultura

Leticia Sánchez-Estudillo*

Dentro de las actividades productivas de la economía mundial uno de los sectores que ha crecido con mayor rapidez es la acuicultura. Se ha calculado que esta biotecnología ha mostrado tasas de crecimiento de más de un 10% anual, produciendo más del 30% de los organismos acuáticos que son destinados al consumo humano (White *et al.* 2004). El éxito comercial de la acuicultura como industria depende en gran medida de la producción controlada y en grandes cantidades de la especie a cultivar. Dentro de este contexto, la supervivencia de las etapas larvarias de las especies bajo cultivo es un aspecto esencial que está directamente relacionado con la plena satisfacción de sus requerimientos nutricionales. La alimentación inicial en la nutrición de las larvas, principalmente en peces marinos, sigue siendo un aspecto crítico a partir del cual se determina la disponibilidad de organismos en las unidades de producción acuícola, por tanto, los avances en la nutrición larval son un tema de importancia en la producción de alimento vivo para nuevas especies (Watanabe & Kiron 1994, Lazo 2000).

Se han definido dos estrategias para la alimentación de larvas de peces marinos: la primera, conocida como cultivos de apoyo, implica la utilización de presas vivas, tales como microalgas, rotíferos, y microcrustáceos (artemias, cladóceros y copépodos), mientras que la segunda ha sido enfocada al desarrollo de dietas artificiales presentadas en micropartículas; sin embargo, la alimentación empleada por muchos productores es

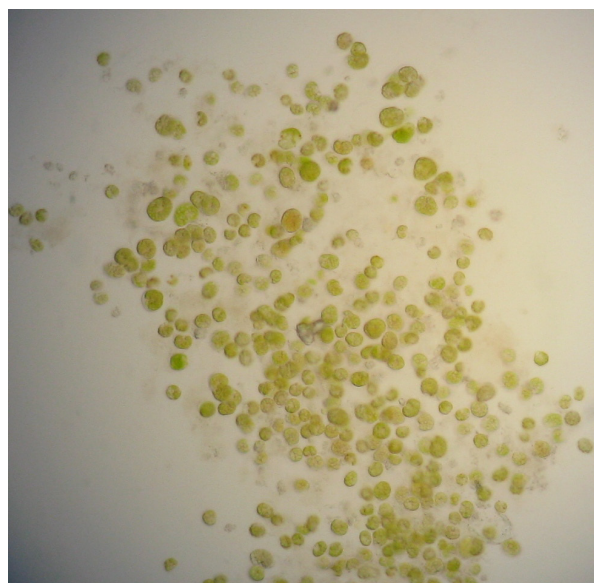


Figura 1. Las microalgas verdes son las más empleadas en larvicultivos por ser pequeñas, digeribles y nutritivas.

una combinación de ambas dietas debido a las capacidades fisiológicas limitadas de las larvas, por tanto, requieren dietas específicas provenientes del alimento vivo y de dietas formuladas. Aún así, las dietas artificiales son el eslabón faltante en el ciclo de la acuicultura ya que es necesario un entendimiento de las necesidades nutrimentales para los organismos cultivados (Watanabe & Kiron 1994, Liao *et al.* 2001).

Importancia del alimento vivo

En general los organismos acuáticos son cultivados con fines comerciales, pero la viabilidad económica de la acuicultura se basa en la

* Laboratorio de Biotecnología de Microalgas. Instituto de Industrias. Universidad del Mar. Ciudad Universitaria s/n Puerto Ángel, Oaxaca, México. C.P. 70902
Correo electrónico: estudillo@angel.umar.mx

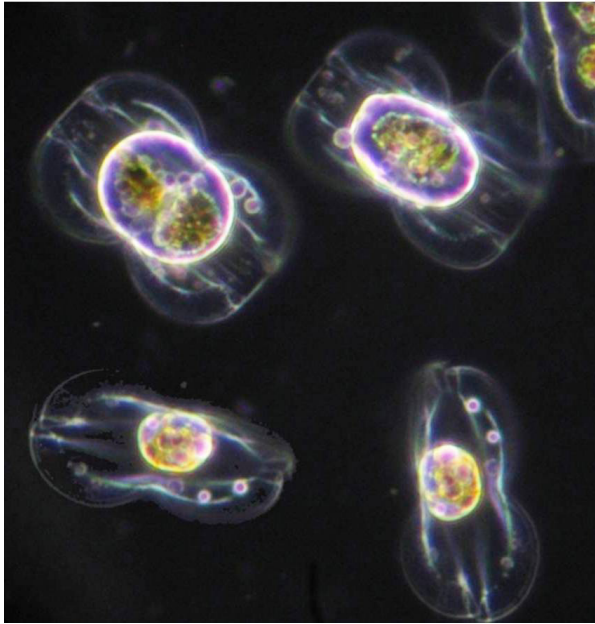


Figura 2. Las diatomeas son microalgas utilizadas comúnmente en el cultivo de crustáceos y bivalvos, aportan lípidos esenciales.

investigación para determinar requerimientos nutricionales, proveer organismos experimentales bien conocidos, producir alimento para los organismos cultivados y reducir costos de producción (Castrejón-Ocampo *et al.* 1994, Castellanos-Páez *et al.* 1999). Los cultivos de apoyo son organismos pertenecientes al plancton, los cuales sirven como alimento vivo para animales mayores, regularmente peces, camarones y ostiones.

Las ventajas que se obtienen al utilizar alimento vivo son diversas: rápido crecimiento, asimilación directa, alto valor nutricional, la posibilidad de enriquecimiento con complementos, mayor tolerancia a enfermedades, etc. Aunque la tendencia general de la producción masiva es hacia la formulación y elaboración de alimentos balanceados, el alimento vivo sigue siendo indispensable, al menos en las fases críticas (larvas y juveniles) del desarrollo de las especies de interés comercial.

La mayor desventaja que presenta el uso de alimento vivo en larvicultura es el elevado costo que representa mantener los cultivos de apoyo. Por ejemplo, el cultivo y mantenimiento de microalgas frescas es costoso en términos de trabajo e infraestructura, particularmente para los cultivos de bivalvos y crustáceos, por

lo cual, la industria necesita dietas alternativas como concentrados algales que puedan ser almacenados sin tener pérdida de sus características nutritivas (D'Souza *et al.* 2002).

El uso de diferentes tipos de organismos y de dietas combinadas se debe a que los requerimientos nutricionales de las larvas se van modificando al crecer y un cambio en la actividad enzimática durante el desarrollo puede ser un indicador de que las necesidades de nutrientes también han cambiado (Gallardo *et al.* 1995).

Uso de microalgas como alimento vivo

Las microalgas son organismos muy pequeños, miden de dos a veinte micras, la mayoría no tienen movimiento y se encuentran presentes en todos los sistemas acuáticos (Bold & Wynne 1985), son el equivalente ecológico a las plantas de los ecosistemas terrestres. Al ser parte inicial de la red trófica de muchos organismos, son fuente de proteínas de alta calidad, pigmentos y lípidos con un gran contenido de ácidos grasos poliinsaturados (los ahora famosos ARA, EPA y DHA, tan mencionados como parte de una dieta saludable y que son conocidos como los aceites saludables) los cuales sirven como productos de almacenamiento y fuente de energía (Marshall 1987, Becker 1994).

El tamaño celular es un factor importante a considerar entre las especies de microalgas utilizadas en acuicultura. Además, el grado de valor nutricional, la digestibilidad y que no

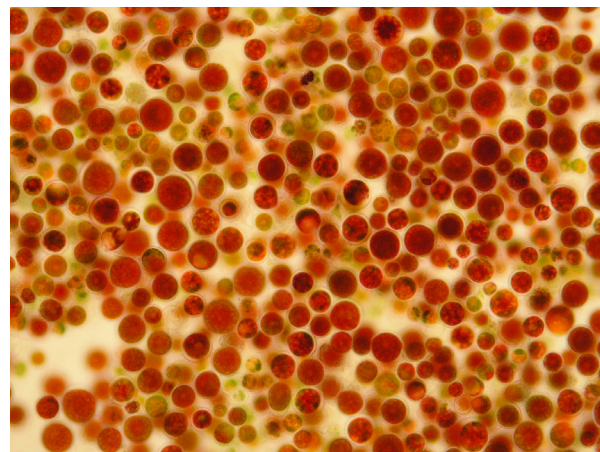


Figura 3. Haematococcus. Algunas microalgas contienen pigmentos naturales que sirven para mantener el color en los peces de ornato o en peces como el salmón.

contengan sustancias tóxicas, son algunos de los factores que se consideran decisivos para la elección de una o varias cepas. Las microalgas añadidas a los tanques de larvas modifican o estabilizan el valor nutricional del alimento vivo; en los primeros estadios de peces tanto marinos como dulceacuícolas algunas larvas son capaces de ingerir directamente las microalgas. Además, esta alimentación natural incrementa el apetito de los organismos y mejora la microflora tanto en el tanque como en el tracto digestivo (Reitan *et al.* 1997).

Con respecto a algunos estudios realizados en moluscos, se ha encontrado que las microalgas seleccionadas proveen un valor nutricional excelente para larvas y juveniles; por tanto, se utilizan diferentes dietas algales para alimentar bivalvos, ya que se ha estimado que el 50% de los organismos cosechados provienen de cultivos de semilla (Duerr *et al.* 1998, Lora-Vilchis & Doktor 2001).

Rotíferos como alimento vivo

El segundo grupo de interés lo constituyen los rotíferos, estos son pequeños animales (de 0.5 a 2.5 mm) que tienen menos de mil células en todo su cuerpo, tienen un cuerpo sin divisiones que asemeja una pera o un saco transparente con una corona de cilios (filamentos cortos) en

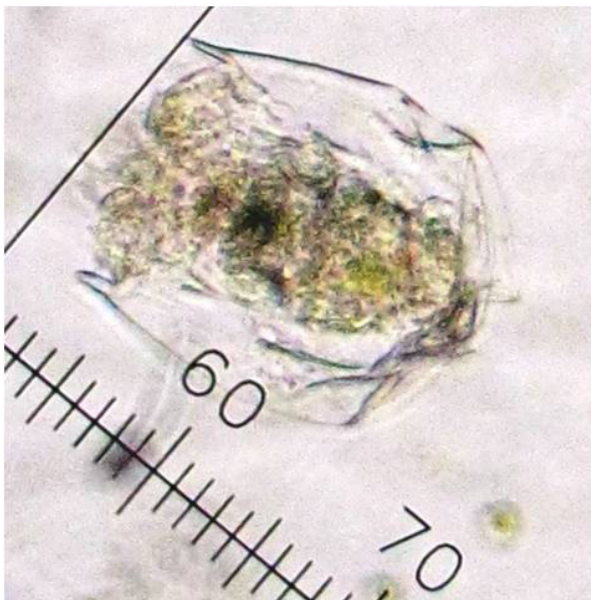


Figura 4. Los rotíferos son el primer eslabón en el cambio de las larvas al alimento zooplanctónico

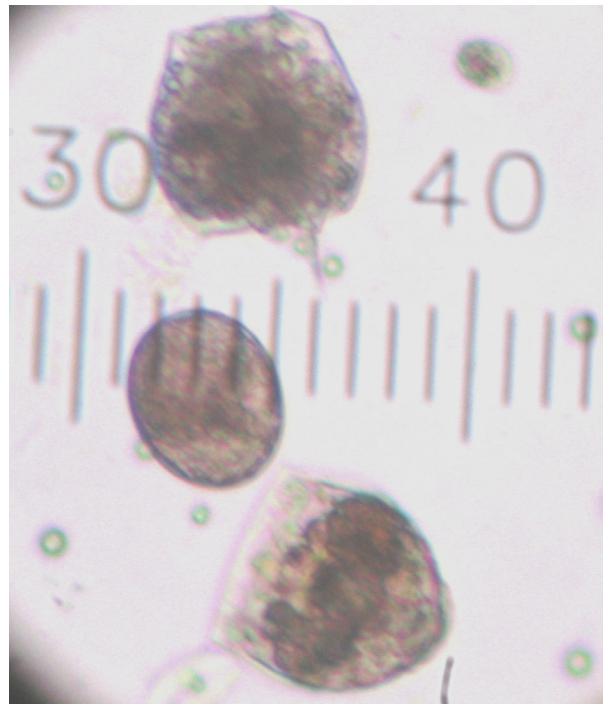


Figura 5. Rotíferos alimentándose. Los rotíferos son empleados como cápsulas naturales que mejoran la alimentación en los estanques de cultivo.

la parte que podemos identificar como cabeza. Se usan como alimento vivo porque son animales fáciles de cultivar y son muy lentos al nadar, lo que facilita que sean atrapados por las larvas que comienzan a desarrollar sus habilidades depredadoras en la columna de agua (Castellanos-Páez *et al.* 1999).

Otra ventaja de los rotíferos es que son filtradores no selectivos, es decir, gran parte de la materia orgánica en el agua puede servirles de alimento y consumen grandes cantidades de microalgas, levaduras y bacterias, por lo que los acuicultores los usan como si fueran cápsulas naturales para complementar el alimento, de esta forma se pueden dar vitaminas, lípidos esenciales o hasta algún antibiótico como parte de las necesidades de las larvas en cultivo.

Tomando en cuenta los resultados favorables que se han reportado en el cultivo de larvas de peces y crustáceos se debe mencionar que la selección de la cepa de rotíferos (grandes o pequeños) es importante para llevar a la práctica cultivos masivos de estos organismos, ya que la especie seleccionada dependerá en gran medida el potencial de

crecimiento poblacional y la aceptación por parte de las larvas que serán alimentadas (Hagiwara *et al.* 2001).

Artemia como alimento vivo

La *Artemia* es un microcrustáceo conocido comúnmente como Camarón de salmuera o Sea-monkey en inglés; son muy populares en el mundo de los acuaristas ya que son los “camaroncitos” que venden regularmente para “consentir” a los peces. Son organismos muy fáciles de cultivar, con un ciclo de vida corto y que permiten un fácil manejo por su formación de estructuras de resistencia en forma de pequeños huevos llamados quistes (Hoff & Snell 1999).



Figura 6. *Artemia* recién alimentada. Las artemias son de los organismos más empleados como alimento en acuicultura. En la imagen se aprecia la coloración que dan las microalgas en el tracto digestivo.

Los cultivos de *Artemia* son utilizados como alimento para peces y crustáceos en diferentes etapas de desarrollo. El uso de quistes tiene la ventaja de que son pequeños, es un producto libre de patógenos y son ricos en su aporte energético en forma de lípidos. Cuando acaban de salir del quiste, las artemias en etapa de nauplios, miden alrededor de 350 micras, y en esta fase son bien aceptados por diversas larvas, ya que son atractivos por su movilidad y su coloración brillante pero no presentan



Figura 7. *Artemia* macho. Las grandes antenas en forma de pinza son la característica principal que permite diferenciar a machos y hembras de *Artemia*.

una respuesta efectiva de escape, razón por la cual son recomendados para organismos que comienzan su actividad depredadora.

Las artemias en estadio juvenil y adulto (de 15 a 18 mm de longitud) se utilizan como alimento en etapas de desarrollo avanzadas de peces y crustáceos ya que en estas etapas contienen mayor cantidad de aminoácidos esenciales que los nauplios (Castro-Barrera *et al.* 2000 *In:* Correa-Sandoval *et al.* 2000). En la alimentación de larvas de camarones se ha observado que las dietas mixtas son las que proporcionan el mejor desarrollo y periodos menores entre cada muda de los organismos (Gallardo *et al.* 1995).



Figura 8. Pareja de artemias. La producción continua de artemias puede mantenerse debido a la facilidad con que se reproducen estos organismos bajo condiciones favorables.

Otros organismos utilizados como alimento vivo

Además de los grupos mencionados existen otros organismos que también son utilizados como alimento vivo. Algunos ejemplos son nemátodos, larvas de ostión, misidáceos, ciliados, anfípodos y microgusanos entre otros. Por ejemplo, las larvas de ostras y almejas son utilizadas en la producción de alevines de peces marinos, especialmente aquellos que tienen boca pequeña al eclosionar; son importantes porque el contenido de ácidos grasos en las larvas es mayor que el encontrado en rotíferos y otra ventaja es que se pueden almacenar en congelación hasta el momento en que serán utilizadas como alimento (Hoff & Snell 1999, Liao *et al.* 2001).

A medida que se han desarrollado métodos intensivos de producción, se ha incrementado la incidencia de enfermedades debido a que las altas densidades de cultivo crean situaciones de estrés que permiten el establecimiento de

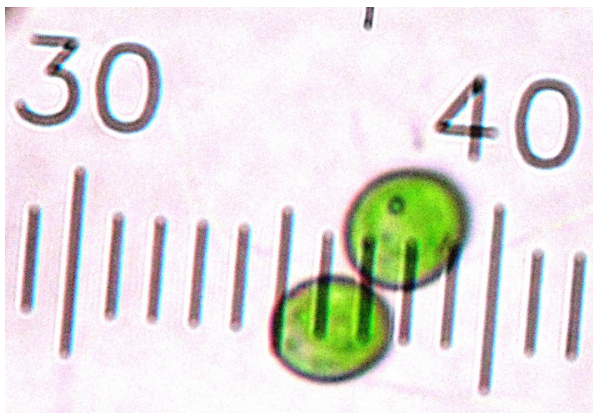


Figura 9. Las figuras 9 y 10 permiten hacer el comparativo de la talla de microalgas y zooplancton como alimento vivo.

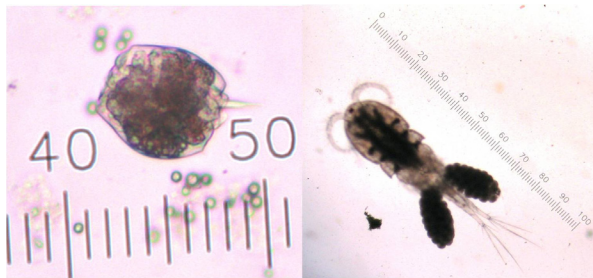


Figura 10. Rotífero y copépodo como muestra de las diferencias de talla que se deben tomar en cuenta para elegir el alimento vivo adecuado según la boca del organismo a alimentar. La escala pertenece al objetivo del microscopio.



Figura 11. Ostiones con alimento. Los ostiones, y los bivalvos en general, son voraces consumidores de microalgas durante todo su ciclo de vida. Se necesitan grandes cantidades de estos microorganismos para mantenerlos. Fotografía de Shain-Mercado.

patógenos oportunistas. El método practicado para eliminar poblaciones bacterianas indeseables se basaba en productos quimioterapéuticos, los cuales modificaban la calidad de los organismos cultivados y además propiciaban el desarrollo de resistencia bacteriana, lo cual aumentaba el problema en lugar de eliminarlo. Actualmente se han realizado estudios para fomentar la competencia entre poblaciones bacterianas de manera que se utilicen cepas del mismo ambiente como un control biológico dentro de los estanques. Al suplemento bacteriano de microorganismos seleccionados para manipular a las comunidades presentes en los estanques de producción se le conoce como probiótico, y las investigaciones se enfocan al uso de estos probióticos para aumentar la respuesta inmune de los organismos frente a la presencia de patógenos (Balcazar 2002).

En conclusión, se puede mencionar que dentro de los cultivos de apoyo, ciertas especies de microalgas y algunos representantes del zooplancton han sido estudiados desde hace varias décadas por sus aplicaciones acuícolas, toda vez que son ampliamente utilizadas porque han dado muy buenos resultados en la sobrevivencia y el desarrollo de larvas de diferentes especies de interés comercial. Sin embargo, la necesidad de dietas artificiales que disminuyan los costos de producción y sean más fáciles de almacenar, ha impulsado un gran número de investigaciones dirigidas a la búsqueda de nuevos productos más fáciles de manejar pero que conserven o igualen la calidad nutricional del alimento vivo. Algunas de estas alternativas

son preparados secos de microalgas, microencapsulados, emulsiones de lípidos, dietas con levaduras y bacterias, entre otros.

La combinación de dietas mixtas que permitan a las larvas empezar a reconocer el alimento particulado antes de dejar de proporcionarles alimento vivo, ha sido hasta el momento la mejor opción para tener altos índices de sobrevivencia y desarrollo larval con una reducción de costos significativa. Lo que hace falta en algunas prácticas acuícolas, es el paso entre la investigación básica y la investigación aplicada para incursionar con alternativas a nivel industrial, de esta manera la acuicultura podría dejar de depender de productos pesqueros, lo cual implica un amplio panorama de opciones de investigación en el área de nutrición acuícola.

Referencias

- Balcazar J.L. 2002. Uso de probióticos en Acuicultura: Aspectos generales. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. p. 877-881.
- Becker E.W. 1994. Microalgae Biotechnology and Microbiology. Cambridge University Press. Cambridge 291 p.
- Bold C.H. & M.J. Wynne. 1985. Introduction to the Algae, 2nd. Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, U.S.A. 719 p.
- Castellanos-Páez M.E., G. Garza-Mouriño & S. Maraño-Herrera. 1999. Aislamiento, caracterización, biología y cultivo del rotífero *Brachionus plicatilis* (O.F. Müller). Universidad Autónoma Metropolitana U. Xochimilco. México. 119 pp.
- Castrejon-Ocampo L., D. Porras-Díaz & C. Band-Schmidt. 1994. Cultivo de alimento vivo para la acuicultura. INI-UMAR. México. 118 pp.
- Castro-Barrera T., J. Castro-Mejía, C. Gallardo-Romero & A. Malpica-Sánchez. 2000. Propiedades de *Artemia* spp. para la Nutrición en la Acuicultura. p. 367-374 In: Correa-Sandoval F., R. Sánchez-Máchez, Z. Álvarez & D.E. Rodríguez-Cortés (comp). 2000. Localización, caracterización y uso de *Artemia* en la acuicultura. CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma II: Acuicultura. 387 pp.
- D'Souza F.M.L., R.M. Knuckey, S. Hohmann & R.C. Pendrey. 2002. Flocculated microalgae concentrates as diets for larvae of the tiger prawn *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture Nutrition 8:113-120.
- Duerr E.O., A. Molnar & V. Sato. 1998. Cultured microalgae as aquaculture feeds. Journal of Marine Biotechnology. 7:65-70.
- Gallardo P.P., E. Alfonso, G. Gaxiola, L.A. Soto & C. Rosas. 1995. Feeding schedule for *Penaeus setiferus* larvae based on diatoms (*Chaetoceros ceratosporum*), flagellates (*Tetraselmis chuii*) and *Artemia* nauplii. Aquaculture 131:239-252.
- Hagiwara A., W.G. Gallardo, M. Assavaaree, T. Kotani & A.B. De Araujo. 2001. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. Aquaculture 200:111-127.
- Hoff F.H. & T.W. Snell. 1999. Plankton Culture Manual. Florida Aqua farms, Inc. 5TH ed. U.S.A. 160 pp.
- Lazo J. 2000. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. p. 300-312 In: Cruz -Suárez L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa & R. Civera-Cerecedo (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida. México.
- Liao I.C., H.M. Su & E.Y. Chang. 2001. Techniques in fin-fish larviculture in Taiwan. Aquaculture 200:1-31.
- Lora-Vilchis M.C. & N. Doktor. 2001. Evaluation of seven algal diets for spats of the Pacific Scallop *Argopecten ventricosus*. Journal of World Aquaculture Society 32: 228-235.
- Marshall D. 1987. Biología de algas: Enfoque fisiológico. Ed. Limusa. México. 236 pp
- Reitan K.I., J.R. Rainuzzo, G. Øie & Y. Olsen. 1997. A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. Aquaculture 155:207-221.
- Watanabe T. & V. Kiron. 1994. Prospects in larval fish dietetics (Review). Aquaculture 124:223-251.
- White K., B. O' Neill & Z. Tzankova. 2004. At a Crossroads: Will Aquaculture Fulfill the Promise of the Blue Revolution? SeaWeb Aquaculture Clearinghouse report. 17 pp.

Recibido: 10 agosto 2012

Aceptado: 23 octubre 2012