

## Calidad de microalgas para la acuicultura

Domenico Voltolina<sup>1</sup>, Mario Nieves<sup>2</sup> y Pablo Piña<sup>2</sup>

- 1) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).
  - 2) Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).  
Laboratorio de Microalgas CIBNOR-UAS, Ap. Postal 1132, Mazatlán, Sinaloa.  
microalgas@facimar.maz.uasnet.mx
- 

Uno de los mayores problemas para el crecimiento equilibrado de la acuicultura marina es el abastecimiento adecuado de juveniles (semilla) para la engorda, que garantice la continuidad de las actividades de los sistemas de producción los cuales, idealmente, deberían mantenerse operativos a plena capacidad y en forma continua, para su mejor éxito financiero y comercial. Es por este motivo que la extracción del medio natural es ahora una fuente menos importante de juveniles para los productores, mientras que va aumentando el porcentaje de las siembras con organismos cultivados en laboratorio.

De esta manera se ha creado en el sector acuícola un subsector específicamente dedicado a la producción y comercialización de semilla, que consiste de laboratorios en los cuales se cultivan a gran escala y en sistemas intensivos, las larvas de los organismos que se ofertan posteriormente al mercado para su siembra y engorda.

Esto conlleva la necesidad de mantener disponible alimento de calidad adecuada y en la cantidad que es necesaria para el organismo que se está cultivando el cual, a pesar de las muchas investigaciones dirigidas a sustituirlo, consiste principalmente en microalimento vivo, principalmente microalgas y algunas especies de zooplancton, como rotíferos, copépodos y *Artemia* en varios estadios de desarrollo, los cuales a su vez requieren de microalgas.

No sobra mencionar que existe una amplia literatura sobre el uso de dietas alternativas, desde las formuladas en laboratorio considerando la composición de las dietas naturales y de los organismos que las usan, hasta las basadas en otras fuentes no convencionales como levaduras y bacterias o varios subproductos de otras actividades relacionadas especialmente con la producción de alimentos.

El uso, los problemas y las bondades de estas dietas alternativas merecerían una revisión exhaustiva ya que, aunque es indudable que su empleo sería ventajoso para la industria, no tenemos información de que existan laboratorios de producción de semilla que las utilicen como única fuente de alimento para sus larvas. Más bien, existe más que un ejemplo de laboratorios que lo intentaron y que tuvieron que suspender sus operaciones para diseñar, construir e iniciar a operar un laboratorio adicional, para el cultivo de microalgas.

Sería obviamente ideal no tener que mantener este segundo laboratorio, que agrega gastos en superficie construida, energía y mano de obra a los costos operativos y de infraestructura y es por esto que como fuente alternativa también se ha propuesto el uso de microalgas, cultivadas en laboratorios dedicados exclusivamente a la microalgacultura y preservadas con técnicas diferentes, que vendrían a sustituir las dietas artificiales o naturales que se mencionaron, con la ventaja teórica de ser exactamente las mismas que se obtienen a través de su cultivo "in situ",

aunque es necesario mencionar que este acercamiento no ha dado hasta la fecha las ventajas que se esperaban, por lo cual en la actualidad el laboratorio de cultivo de microalgas es una parte integral de cualquier laboratorio dedicado a la producción comercial de larvas de organismos acuáticos y la cantidad y calidad de las dietas que se producen es motivo constante de preocupación de sus operadores.

Sobre el problema de calidad de estas dietas, es importante señalar la cantidad de información ya disponible, a la cual cada año se agrega información adicional. Solamente en dos de las revisiones que ya se consideran como clásicos de la literatura sobre este tema (Brown *et al.*, 1989; Yúfera y Lubián, 1990), existen más de 100 referencias, la mayoría sobre la calidad de las microalgas, su composición bromatológica y fina y sus bondades como dieta para una gran variedad de organismos de interés comercial. Para muchas especies y cepas de microalgas existen además perfiles muy detallados de aminoácidos, ácidos grasos saturados e insaturados y de varias se conocen los contenidos de vitaminas y de otros compuestos relevantes para la alimentación y nutrición de las varias especies sujetas a cultivo, cuyas necesidades también están conocidas o se están estudiando en mayor o menor detalle. Con toda esta literatura disponible y que es en continuo aumento (e.g. Treece y Fox, 1993; Rodríguez *et al.*, 1994; Jones, 1995; Jones *et al.*, 1997), la consideración más obvia es que las necesidades de información para los laboratorios comerciales que se dedican a la producción de semilla de organismos acuáticos parecen estar ampliamente cubiertas, ya que es teóricamente posible seleccionar las especies adecuadas para producir alimento de calidad conocida. Es también obvio por otro lado, que toda esta información es de poca utilidad ya que está bien comprobado que la composición de las microalgas es altamente variable y susceptible de modificaciones importantes, que dependen de la técnica y de la edad de cultivo y de las condiciones ambientales de cada laboratorio, los cuales suelen variar ampliamente en los laboratorios comerciales.

De hecho, una de las opiniones que se expresan más frecuentemente en esos laboratorios es que es necesario encontrar nuevas microalgas, con perfiles más adecuados para las larvas o reproductores, o para la producción de zooplankton de mejor calidad, y es lamentable que la respuesta de los académicos sea la de proponer nuevos estudios en estas direcciones, en vez de la mucho más lógica observación que el problema mayor es que laboratorios diferentes obtienen resultados contrastantes utilizando las mismas microalgas como alimento para el mismo organismos, lo cual pone en duda la posibilidad de utilizar con fines aplicativos la información bibliográfica que se tiene acerca de la composición y calidad de microalgas, que se obtuvo en laboratorio en condiciones estrictamente controladas.

Los apoyos de información en este sentido son en gran parte los que se recaban visitando los varios laboratorios: es común por ejemplo escuchar que *Isochrysis* "Tahiti" es un buen alimento, posiblemente entre los que dan los mejores resultados para cualquier organismo acuático (Ewart y Epifanio, 1981; Sánchez, 1986), pero en varios laboratorios se reportan crecimientos pobres con esta cepa, al punto que algunos operadores la desecharon por completo de su colección. *Phaeodactylum tricornutum* para la mayor parte de la literatura científica es un alimento pobre, hasta el punto de encontrar que el crecimiento de *Crassostrea virginica* está inversamente relacionado con el porcentaje de esta microalga en la dieta (Epifanio *et al.*, 1981). Webb y Chu (1982) opinaron que esto se debe a una deficiencia de triptófano, aunque parece que esta misma deficiencia no afecta el valor dietético de *Skeletonema costatum* y de hecho existen también varios reportes de buen crecimiento de varios bivalvos con esta especie (Foster Smith, 1975; Wilson, 1978; Cordero y Voltolina, 1994).

Los ejemplos de este tipo son demasiado frecuentes y abundantes. Desde nuestro punto de vista, el problema mayor cuando se habla de calidad de las microalgas es que todo lo que sabemos se refiere a estudios específicos, llevados a cabo en condiciones estrictamente controladas que no son reproducibles, por lo menos por ahora, a escala comercial y que a veces no es fácil reproducir hasta en el mismo laboratorio.

Sobran los ejemplos en este sentido. Hace pocos años, se encontró que variando el tipo y la intensidad de luz es posible obtener dietas diferentes con una sola microalga (Sánchez Saavedra y Voltolina, 1996) y que de hecho tres de ellas dieron resultados notablemente diferentes cuando se utilizaron como alimento para *Artemia* (Sánchez Saavedra y Voltolina, 1995) en una primera serie de pruebas. Estos resultados se obtuvieron utilizando como fuentes de luz focos de una determinada compañía, pero cuando se intentó de reproducirlos con focos de otra marca, aunque el espectro de emisión era aparentemente lo mismo, los resultados obtenidos fueron bien diferentes (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de *Chaetoceros sp.* cultivada con luz azul (A), con luz azul mezclada con luz blanca (M) y con luz blanca (B), y los resultados más importantes obtenidos alimentando *Artemia franciscana* con esta microalga. Prot.: % de proteínas; Líp.: % de lípidos; CH: % de carbohidratos; Sobr.: sobrevivencia; Días: edad de primera cópula; Mm: talla individual; Mg: peso individual. (Exp. 1: de Sánchez Saavedra y Voltolina, 1995, 1996 Exp. 2: de Correa Reyes, 1993).

| $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | <i>Chaetoceros sp.</i> |       |       | <i>Artemia franciscana</i> |      |     |      |       |      |      |
|--------------------------------------|------------------------|-------|-------|----------------------------|------|-----|------|-------|------|------|
|                                      | Prot.                  | Líp.  | CH    | Sobr.                      | Días | Mm  | Mg   | Prot. | Líp. | CH   |
| Azul                                 |                        |       |       |                            |      |     |      |       |      |      |
| Exp. 1                               | 45.20                  | 12.41 | 18.43 | 81                         | 12   | 5.7 | 0.28 | 50.1  | 15.7 | 18.6 |
| Exp. 2                               | 52.58                  | 20.40 | 12.53 | 90                         | 16   | 6.3 |      | 22.54 | 28.9 | 3.88 |
| Mezclada                             |                        |       |       |                            |      |     |      |       |      |      |
| Exp. 1                               | 50.21                  | 18.36 | 3.70  | 96                         | 9    | 5.3 | 0.28 | 55.5  | 12.4 | 15.5 |
| Exp. 2                               | 58.48                  | 25.03 | 17.64 | 81                         | 13   | 6.3 |      | 24.52 | 32.8 | 3.57 |
| Blanca                               |                        |       |       |                            |      |     |      |       |      |      |
| Exp. 1                               | 38.29                  | 15.93 | 15.22 | 76                         | 13   | 4.9 | 0.23 | 46.7  | 14.6 | 21.7 |
| Exp. 2                               | 41.06                  | 14.89 | 13.52 | 30                         | 10   | 6.9 |      | 26.68 | 15.3 | 3.99 |

Considerando que estos cambios fueron inducidos mediante variaciones en realidad poco importantes de la cantidad y calidad de la luz, parece lógico preguntarse hasta que punto son válidos los datos que encontramos en literatura, que se refieren prácticamente en su totalidad a datos recabados en laboratorio, en condiciones estrictamente controladas. De hecho, en el único antecedente que tenemos para el trabajo mencionado, Flaak y Epifanio (1978) usaron una diatomea cultivada con luz azul para alimentar reproductores de *Crassostrea virginica* y concluyeron que debido a su alto contenido de proteínas, esta dieta era inferior a la cultivada con luz blanca, que es probablemente el motivo porque esta prueba se repitió solo 20 años más tarde, con resultados completamente diferentes. La calidad de las microalgas es entonces un criterio totalmente subjetivo y dependiente de los organismos de prueba, de las técnicas que se utilizan para su cultivo y además, y éste es el punto que más parece necesario subrayar, de

la estabilidad de las condiciones de cultivo y de la escala en la cual se está experimentando, como se puede observar en la tabla 2 en la cual se nota que la respuesta de *Chaetoceros* sp. a cambios de la irradiancia, medida en términos de cambios en la concentración de proteínas y de lípidos, se obtiene a  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en los cultivos de dimensiones menores, mientras que en 15 litros la concentración de proteínas no es diferente de la que se obtiene con  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  hasta más de  $430 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para cambiar abruptamente antes de alcanzar las 500  $\mu\text{mol}$ . En términos de carbohidratos, por otro lado, la respuesta a la mezcla de luz blanca y azul verde se dio para la irradiancia menor, por lo cual cabe preguntarse cual sería la respuesta cuando la escala cambie desde los cultivos a escala de laboratorio experimental, a los volúmenes de 3000 a 5000 litros, que son los más comunes en los sistemas de producción comercial.

Tabla 2. Composición de *Chaetoceros* sp. cultivada con luz azul (A), con luz azul mezclada con luz blanca (M) y con luz blanca (B), y a dos diferentes volúmenes. Prot.: % de proteínas; Líp.: % de Lípidos; CH: % de carbohidratos.

| 200 ml |                                      | A     |       |       | M     |       |      | B     |       |       |
|--------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Fase   | $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | Prot. | Líp.  | CH    | Prot. | Líp.  | CH   | Prot. | Líp.  | CH    |
| Exp.   | 100                                  | 33.26 | 20.12 | 15.26 | 38.12 | 24.12 | 7.23 | 30.15 | 22.41 | 12.23 |
|        | 400                                  | 42.26 | 10.15 | 16.26 | 51.26 | 16.44 | 6.43 | 36.18 | 12.44 | 13.29 |
| Est.   | 100                                  | 37.13 | 21.46 | 12.19 | 41.33 | 25.37 | 5.33 | 33.29 | 23.17 | 10.29 |
|        | 400                                  | 45.26 | 12.13 | 13.33 | 53.46 | 17.61 | 4.37 | 39.18 | 14.14 | 11.43 |
|        | 15 l                                 |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
|        | 432                                  | 34.25 | 19.15 | 13.26 | 39.26 | 27.43 | 2.61 | 33.69 | 24.23 | 12.37 |
|        | 498                                  | 46.26 | 12.27 | 16.37 | 49.26 | 17.40 | 3.92 | 36.57 | 17.46 | 14.00 |
|        | 665                                  | 45.20 | 12.41 | 18.43 | 50.21 | 18.36 | 3.70 |       |       |       |
|        | 565                                  |       |       |       |       |       |      | 38.29 | 15.93 | 15.22 |

Considerando este ejemplo, parece un absurdo que aún conociendo los importantes efectos que tienen los estímulos ambientales sobre los diferentes procesos fisiológicos y metabólicos de las microalgas, exista todavía la tendencia a distinguir microalgas “buenas” y “malas”, basando esta distinción en datos obtenidos en lugares y condiciones diversas y quizás también con un diferente organismo del que se pretende alimentar.

Por este motivo, nuestra opinión es que no es suficiente estudiar solamente lo que sucede en un laboratorio, sea éste el nuestro en el cual forzosamente tenemos que mantener condiciones controladas, o en un sistema comercial solamente, sino que para dar respuestas válidas a las necesidades de los productores es necesario investigar la calidad de las microalgas de varios laboratorios comerciales, obtener información y muestras de sus cultivos larvarios, revisar cuidadosamente las técnicas y las condiciones de cada laboratorio y estudiar como éstas se reflejan en la calidad de sus dietas, para intentar de identificar patrones de respuesta comunes, los factores ambientales y humanos que los determinan y finalmente definir los diseños adecuados para producir dietas cualitativamente constantes y similares.

## Referencias:

- Brown, M. R., S. W. Jeffrey y C.D. Garland.** 1989. Nutritional aspects of microalgae used in mariculture: a literature review. CSIRO Mar. Labs. Rep. 205, 44 pp.
- Cordero, B. y D. Voltolina.** 1994. Growth of *Mytilus galloprovincialis* fed with four microalgae and two feeding regimes. J. World Maric. Soc. 25:471-476.
- Correa Reyes, J.G.** 1993. Alimentación de *Artemia franciscana* con microalgas cultivadas bajo diferentes tipos de luz o tesis profesional. Fac. de ciencias Marinas, Univ. Autón. de B.C., Ensenada, México. 56 pp.
- Epifanio, C., C. Valenti y C. Turk.** 1981. A comparison of *Phaeodactylum tricornutum* and *Thalassiosira pseudonana* as food for the oyster *Crassostrea virginica*. Aquaculture 23: 347-353.
- Ewart, S.W. y C.E. Epifanio.** 1981. A tropical flagellate food for larval and juvenile oysters, *Crassostrea virginica*. Aquaculture 22:297-300.
- Flaak, A.R. y C.E. Epifanio.** 1978. Dietary protein levels and growth of the oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Biol. 15:157-163.
- Foster-Smith, R. L.** 1975. The effect of concentration on filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis pullastra* (Montagu). J. exp. Mar. Biol. Ecol. 17:1-22.
- Jones, D.A.** 1995. Feeding strategies in penaeid and caridean shrimp larvae and development of appropriate artificial feeds. 46<sup>th</sup> Pacific Fish. Technol. Ann. Meeting. Mexico.
- Jones, D. A., B. Yule y D. Holland.** 1997. Larval nutrition. En: Crustacean nutrition. Adv. World Aquac. Vol. 6. World Aquac. Soc.
- Rodríguez, A., L. LeVay, G. Mourente y D.A. Jones.** 1994. Biochemical composition and digestive enzyme activity in larval and postlarvae of *P. japonicus* during herbivorous and carnivorous feeding. Mar. Biol. 118:45-51.
- Sánchez, R.** 1986. Rearing of mysis stages of *Penaeus vannamei* fed cultured algae of three species. Aquaculture 58:139-144.
- Sánchez Saavedra, M.P. y D. Voltolina.** 1996. The effect of the different photon fluence rates of blue green light on the biomass quality of a coastal diatom in pilot scale semicontinuous cultures. Scientia Marina 60(Sup. 1):267-272.
- Sánchez Saavedra, M.P. y D. Voltolina.** 1995. The effect of different light quality on the food value of the diatom *Chaetoceros* sp for *Artemia franciscana* Kellogg. Riv. Ital. Acquac. 30:135-138.
- Treece, G.D. y Fox, J.M.** 1993. Design, operation and training manual for an intensive culture shrimp hatchery, with emphasis on *P. monodon* and *P. vannamei*. Sea Grant Coll. Prog. Texas A. & M. Univ. 189 pp.
- Webb, K. L. y F. L. Chu.** 1982. Phytoplankton as a food source for bivalve larvae. En: Pruder, G.D., G. Langdon y D. Conklin (Eds.) Biochemical and physiological approaches to shellfish nutrition. World Maric. Soc. Spec. Publ. 2:272-291.
- Wilson, J.E.** 1978. The food value of *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin to the larvae of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg. Aquaculture 13:313-323.
- Yúfera, M. y L. M. Lubián.** 1990. Effects of microalgal diet on growth and development of invertebrates in marine aquaculture. 209-227. En: Akatsuka, I. (Ed.). Introduction to applied phycology. SPB Academic Publ. Bv. The Hague.