

# Producción y Composición De Microalgas En Laboratorios Comerciales del Noroeste De México

López-Elías, J. A.<sup>1</sup>, Voltolina, D.<sup>2</sup>, Nieves-Soto, M.<sup>3</sup> y Figueroa-Ortiz, L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Rosales y Niños Héroe s/n, col. Centro CP 83000. E-mail: electrónico

[jalopez@guayacan.uson.mx](mailto:jalopez@guayacan.uson.mx)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio UAS-CIBNOR, Paseo Claussen s/n, P.O. Box 1132, Mazatlán, Sinaloa, México. E-mail: [voltolin04@cibnor.mx](mailto:voltolin04@cibnor.mx),

[microalgas@mzt.megared.net.mx](mailto:microalgas@mzt.megared.net.mx)

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias de Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n, P.O. Box 1132, Mazatlán, Sinaloa, Mexico. E mail: [maniso@mzt.megared.net.mx](mailto:maniso@mzt.megared.net.mx).

---

## Resumen

La producción de microalgas para la alimentación de las larvas de camarón en los laboratorios comerciales del noroeste de México está basada en un número reducido de especies. Las más importantes son las diatomeas céntricas *Chaetoceros* spp., con una concentración media cercana a  $1 \times 10^6$  cél. $\cdot$ ml<sup>-1</sup> y con una producción de biomasa orgánica altamente variable en cada laboratorio, probablemente en relación con las condiciones estacionales y con fuertes diferencias entre laboratorios, que se explica principalmente por las diferencias entre sistemas de cultivo y en las rutinas de producción.

El componente orgánico principal de la biomasa son las proteínas y se encontraron diferencias en el contenido lipídico, entre los laboratorios ubicados en Sonora y los de Sinaloa. Se encontró una correlación negativa entre temperatura y proteínas y lípidos en Sonora. El perfil de ácidos grasos difiere entre laboratorios y es altamente variable hasta en el mismo laboratorio y la misma especie. La alta variabilidad y las fuertes diferencias entre laboratorios parece relacionada con las rutinas diferentes de producción, ya que se utilizan recipientes de diferente diseño y materiales y con variaciones de las condiciones de temperatura e iluminación.

---

## Introducción

La rápida expansión de la camaronicultura en el noroeste de México ha sido acompañada por un importante incremento del número y de la capacidad instalada de los laboratorios de producción de poslarvas. La información más reciente señala que en 2003 operaron en esta región 50 de estos laboratorios, que en su conjunto aportaron cerca de  $4.7 \times 10^9$  poslarvas a

las granjas de engorda de Sonora y Sinaloa, que son los estados con las mayores volúmenes de producción de camarón de cultivo de esta región (Panorama Acuícola, 2003).

Sin ninguna excepción, todos estos laboratorios cuentan con un área de producción de alimentos vivos (microalgas y nauplios de *Artemia*), que son reconocidos como las dietas más eficaces para los primeros estadios larvarios de peneidos (Gelabert *et al.*, 1993; Merchie *et al.*, 1997; Boeing, 1999), especialmente debido a su aportación de ácidos grasos poliinsaturados como los C20 y C22 w-3 y w-6, que se consideran esenciales para las larvas de peneidos (Jones *et al.*, 1997).

### **Especies de microalgas**

Coutteau y Sorgeloos (1992) mencionaron que el número de especies de microalgas que se utilizan como alimento vivo para fines de acuicultura es muy limitado, y Duerr *et al.* (1998) reportaron que los géneros usados con mayor frecuencia son las diatomeas *Chaetoceros* y *Thalassiosira*, la haptofita *Isochrysis*, la eustigmatofita *Nannochloropsis* y la prasinofita *Tetraselmis*. Malagrino *et al.* (1999), recalcaron que también en México el número de especies de microalgas es limitado y López-Elías *et al.* (2003a) reportaron que en laboratorios productores de poslarvas de peneidos del noroeste de México se cultivan las especies *Chaetoceros muelleri*, *C. calcitrans*, *Isochrysis* sp., *Tetraselmis suecica*, *T. chui* y *Dunaliella tertiolecta*.

### **Sistemas de producción**

Las técnicas de cultivo de fitoplancton comprende cultivos estáticos, semicontinuos y continuos (Vonshak, 1988). La más utilizada en los laboratorios comerciales es la de cultivos estáticos escalonados, que consiste en iniciar con pequeños volúmenes, como tubos de ensayo o matraces, pasando a garrafones, columnas, hasta tinajas y pilas. Los recipientes y volúmenes empleados son variables, y generalmente se utiliza el medio de cultivo f/2 de Guillard y Ryther (1962), preparado con sales de grado técnico-industrial.

Un factor importante es el diseño de los recipientes, que tienen diferentes formas (redondas, ovaladas, cuadradas, rectangulares, cilíndricas) y profundidades desde 60 cm hasta 2 metros. Esta última característica es esencial para el crecimiento de las microalgas, debido a que una baja profundidad permite una buena penetración de la luz, lo cual trae como consecuencia un rápido aumento de la concentración celular y cosechas finales más altas (Richmond, 1986; Oswald, 1988).

Las cepas de microalgas se mantienen bajo condiciones controladas, generalmente con iluminación constante y temperatura controlada con acondicionadores de aire. Para los volúmenes mayores se usan matraces, garrafones y cilindros cónicos o de fondo plano transparentes, de 20 a 400 litros. Los cultivos de 200 a 400 litros y los masivos son generalmente llevados a cabo al exterior y más raramente al interior (López-Elías *et al.*, 2003a).

Las rutinas de producción son relativamente constantes, independientemente de las condiciones externas las cuales pueden favorecer el crecimiento rápido en las estaciones cálidas del año, mientras que provocan que los cultivos se desarrollen lentamente en las estaciones frías de la región, lo cual ocasiona que los cultivos sean cosechados en diferentes etapas de su desarrollo.

### **Condiciones de cultivo**

En condiciones de laboratorio se utiliza aeración constante, frecuentemente con adición de CO<sub>2</sub>, los medios se preparan con reactivos de grado analítico, la temperatura es controlada (alrededor de 20-22 °C) y la iluminación es constante con lámparas fluorescentes.

En el exterior se cultiva en columnas, pilas y tanques con aeración pero sin adición de CO<sub>2</sub>, los medios se preparan con reactivos de grado industrial y la temperatura e iluminación varían de acuerdo a la situación estacional. Los recipientes se exponen totalmente a la intemperie o pueden ser protegidos con plástico o con malla sombra, debido a las lluvias y

al exceso de radiación solar. Esto conlleva una disminución o un aumento progresivo de la temperatura en el medio de cultivo. En algunos laboratorios los recipientes están situados cerca de edificios o en el interior de solarios o invernaderos con paredes sólidas, lo cual impide que penetren los rayos luminosos por la mañana o al atardecer.

En seis laboratorios comerciales de Sinaloa y Sonora que se evaluaron entre 1999 y 2001, en los cuales las microalgas se cultivan masivamente al exterior, se encontraron recipientes y rutinas diferentes, desde pilas de 2-2.5 m<sup>3</sup> con cosechas entre 1 y 4 días, pilas de 4 m<sup>3</sup> y cilindros transparentes de 1 m<sup>3</sup>, con entre 2-4 y 1-3 días, respectivamente y tinas de 1 m<sup>3</sup> con cosechas entre 1 y 2 días en Sinaloa. En Sonora un laboratorio utilizaba pilas de 4 m<sup>3</sup> que se cosechaban después de 2 a 3 días, un segundo cilindros opacos de 0.8 m<sup>3</sup> por 3 días y el tercero pilas de 2.5 m<sup>3</sup> y cosechas a los 2-3 días (López-Elías *et al.*, 2003b).

### **Concentraciones celulares en los cultivos masivos**

En una encuesta realizada en 14 laboratorios de Sonora y Sinaloa, además de uno en Chiapas y otro en Colima, se encontró que éstos contabilizaron densidades celulares entre 0.9 y 1.5 x 10<sup>6</sup> cél·ml<sup>-1</sup> para *Chaetoceros muelleri*, para *Isochrysis* se reportaron desde 1.0 a 2.0 x 10<sup>6</sup> cél·ml<sup>-1</sup>, mientras que las concentraciones de las flageladas verdes (*Tetraselmis suecica*, *Dunaliella tertiolecta*) variaron de 0.2 a 0.6 x 10<sup>6</sup> cél·ml<sup>-1</sup> (López-Elías *et al.*, 2003a). Además debido a problemas de producción de las otras especies y con el fin de simplificar las rutinas, la mayoría prefiere utilizar como único alimento *Chaetoceros muelleri*.

La concentración inicial de los cultivos masivos, que se encontró mediante visitas *in situ* varió desde 0.08 a 0.49 x 10<sup>6</sup> cél·ml<sup>-1</sup> en Sinaloa y entre 0.19 y 0.37 x 10<sup>6</sup> cél·ml<sup>-1</sup> en Sonora. Esto es una muestra de que la rutina de producción es poco efectiva, debido a que para el último nivel se utiliza por ejemplo una sola columna de 200 a 400 litros, independientemente del volumen de la pila o tina. Además nunca se verifica la

concentración del inóculo del cultivo masivo, lo cual trae como consecuencia que se desconozca el estado de crecimiento real del cultivo y por lo tanto es más difícil mantener estable la calidad de la biomasa.

La densidad celular alcanzada a la cosecha con la misma especie de microalga varió en el estado de Sinaloa desde  $0.80$  a  $1.83 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup> y en el estado de Sonora fluctuó entre  $0.82$  y  $2.09 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>. Estas diferencias encontradas en los diferentes laboratorios se deben a la cantidad de inóculo, a la variabilidad de las condiciones ambientales (luz y temperatura), al tipo de medio, a la duración del cultivo y al diseño de los recipientes.

En otro estudio realizado en un laboratorio ubicado en Bahía Kino, Sonora, se encontró que para *Chaetoceros muelleri* se obtuvieron densidades celulares en invierno y primavera menores a  $0.75 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup> en cultivos de 3000 litros bajo condiciones de laboratorio (López-Elías *et al.*, 1999). Sin embargo, cuando los cultivos se mantuvieron al exterior en el mismo tipo de recipientes en cuatro situaciones estacionales, la densidad celular aumentó hasta  $1.12 - 1.49 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup> (Gallegos-Simental *et al.*, 2002). Figueroa-Ortiz (2001) reportó en promedio en el mismo laboratorio una densidad celular de  $0.97 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup> en cultivo al exterior entre septiembre y diciembre, mientras que al interior las concentraciones alcanzaron solamente  $0.45 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>.

Es común encontrar las densidades celulares más bajas en la estación de invierno y en los recipientes más profundos y que reciben una cantidad de radiación solar menor que los recipientes menos profundos y con mayor exposición al sol. Además en primavera y verano se lograron concentraciones celulares mayores. Por otro lado, las rutinas de producción más largas no implican necesariamente densidades celulares mayores, debido a que los cultivos son frecuentemente iniciados con altas concentraciones, lo cual provoca que el cultivo decaiga más rápidamente.

En cuanto a las flageladas verdes, las bajas concentraciones iniciales ( $0.045 - 0.063 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>), causaron también bajas concentraciones al momento de la cosecha ( $0.077 - 0.36$

x  $10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>), motivo por el cual la mayoría de los laboratorios prefiere no cultivarlas y usar los recipientes destinados a su producción para el cultivo de *Chaetoceros*.

## Producción

Las producciones de biomasa orgánica de *Chaetoceros* variaron ampliamente (24 a 69 g·m<sup>-3</sup>), debido a las diferentes condiciones ambientales, rutina de producción y recipientes de cultivo y se encontró una relación negativa con la temperatura en Sonora, mientras que en Sinaloa la relación con la temperatura resultó positiva y fue negativa con los niveles de iluminación (López-Elías *et al.*, 2003a).

En un centro de producción de larvas de moluscos y crustáceos se encontró que durante un ciclo anual los cultivos de 3 m<sup>3</sup> de *Chaetoceros muelleri* redituaron desde 9 a 34 g·m<sup>-3</sup> de sustancia orgánica en condiciones semicontroladas, al interior, mientras que con *Isochrysis* sp. la producción fue de 20 hasta 30 g·m<sup>-3</sup> (López-Elías *et al.*, 1999). En un diferente ciclo de observaciones realizado en este mismo laboratorio, se registraron valores mayores en cultivos de *Chaetoceros* al exterior (19 – 51 g·m<sup>-3</sup>). Con *Isochrysis*, en cultivos al interior, la producción varió entre 11 y 28 g·m<sup>-3</sup>.

Ávila-Mercado (2003) reportó que en otro laboratorio del estado de Sonora se produjeron desde 43 a 71 g·m<sup>-3</sup>, mientras que Cuevas-Rocha (2001) registró valores promedio de 51 a 91 g·m<sup>-3</sup> en dos años de observaciones en uno del sur de Sinaloa. En ambos casos se apreció una disminución de la producción en Junio (Figura 1), que confirma la relación inversa entre temperatura y producción en Sonora, pero contradice lo que se encontró en un periodo más largo de observaciones en varios laboratorios de Sinaloa.

Un ejemplo del efecto del diseño de los recipientes sobre los niveles de la producción se encontró en las dos líneas de producción de un laboratorio de Sinaloa, que en recipientes de concreto de 4.0 m<sup>3</sup> y 1 m de profundidad produjo 24 g·m<sup>-3</sup>, mientras que en recipientes

transparentes de 1.0 m<sup>3</sup> la producción fue de 74 g·m<sup>-3</sup>, lo que demuestra la importancia de seleccionar el tipo y el diseño de los recipientes de cultivo.

Otro ejemplo se encontró en dos laboratorios del sur de Sonora, en uno de los cuales la producción de biomasa orgánica seca varió entre 25 y 38 g·m<sup>-3</sup> (Reyes-Alvarez, 2001), que es menor de los 43 a 71 g·m<sup>-3</sup> encontrados en el segundo, aunque ambos están ubicados en la misma zona, separados por aproximadamente 2-3 Km. La diferencia es que en el primero las pilas tienen una profundidad mayor a 1 metro y en el segundo son de 60 cm, lo que nuevamente demuestra que el diseño juega un papel fundamental en la producción de microalgas.

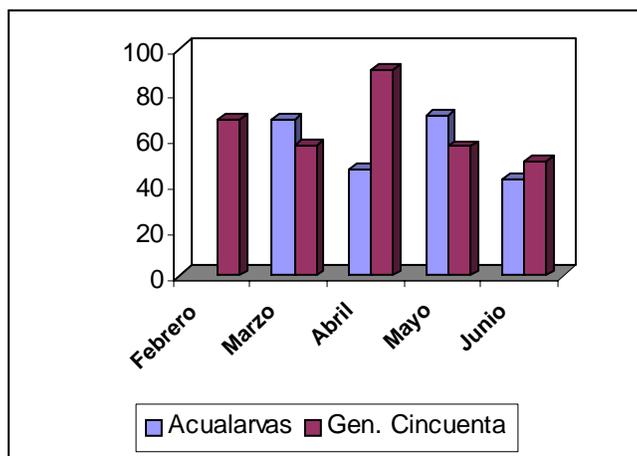


Figura 1. Producción mensual (g·m<sup>-3</sup>) en de dos laboratorios comerciales en los estados de Sonora y Sinaloa.

### Composición del fitoplancton cultivado

Al igual que el nivel de producción, la composición es sumamente variable. En cultivos de *Chaetoceros* realizados en un laboratorio de Bahía de Kino, Sonora bajo condiciones controladas, se registraron porcentajes de proteínas de 30.4 – 34.5 % , carbohidratos de 3.8 – 6.4 % y lípidos de 3.3 – 4.7 % en estanques de 3000 litros, mientras que en bolsas de 500 litros las proteínas fluctuaron desde 29.4 hasta 49.0 % , los carbohidratos de 2.8 a 6.3 % y los lípidos de 5.7 a 10.6 % (López-Elías *et al.*, 1999). A pesar de que los cultivos se mantuvieron con la misma rutina de producción y supuestamente bajo condiciones

controladas, la temperatura y el pH variaron ampliamente, lo que pudiera explicar la variabilidad de la composición de la biomasa.

En 6 laboratorios comerciales de México se encontró que la producción celular (en  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) del contenido proteínico fue la mayor y el proteínico y lípidico fue similar en Sinaloa (Figura 2). En Sonora, proteínas y carbohidratos fueron semejantes a los de Sinaloa, mientras que los lípidos fueron mayores (Figura 3). Además, las proteínas y los lípidos se correlacionaron inversamente con la temperatura en los laboratorios de Sonora, mientras que en Sinaloa solo se encontró una relación inversa para carbohidratos (López-Elías *et al.*, 2003b).

En dos laboratorios comerciales de Sinaloa que pertenecen a la misma compañía se registraron diferencias en la composición proximal de *Chaetoceros muelleri*. En el primero se obtuvo un porcentaje de proteínas del 19.5 % y en el segundo de 50.7 %. Con respecto a los carbohidratos, los porcentajes fueron de 5.0 % y 15.0 %, respectivamente. Finalmente, los lípidos en el primero representaron el de 6.8 % y en el segundo el 17.1 % (Chavira-Ortega, 2000; Sáenz-Gaxiola, 2000). Estas diferencias son posiblemente debidas tanto a las diferentes rutinas como a los respectivos diseños de los sistemas de producción (laboratorio 1:  $2.5 \text{ m}^3$  y laboratorio 2:  $4.0 \text{ m}^3$ ).

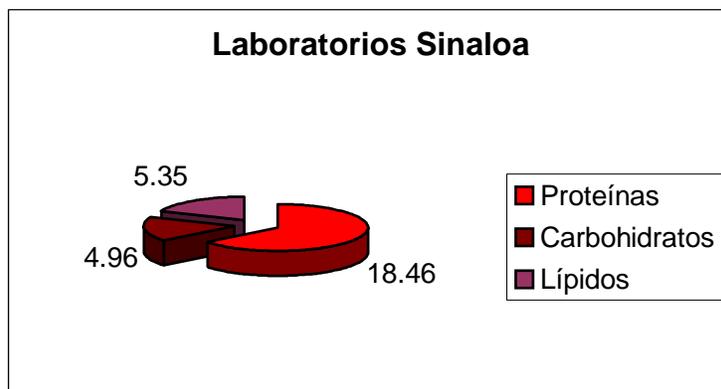


Figura 2. Producción celular ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) del contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos de tres laboratorios comerciales en el estado de Sinaloa (modificado de López Elías *et al.*, 2003b).

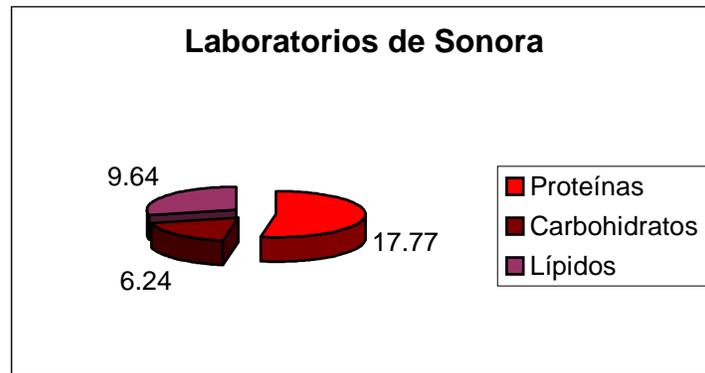


Figura 3. Producción celular ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) del contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos de tres laboratorios comerciales en el estado de Sonora (modificado de López Elías y col., 2003b).

En tres laboratorios del estado de Sonora también se encontraron diferencias estacionales en la composición proximal, con una evidente tendencia a disminuir la proporción de proteínas y aumentar la proporción de lípidos en el verano, independientemente del laboratorio mientras que los carbohidratos, que también variaron ampliamente, no mostraron una tendencia común. (Tabla I).

Tabla I. Composición proximal (en %) en dos estaciones del año (primavera y verano) en tres laboratorios comerciales del estado de Sonora.

Laboratorios	Proteínas		Carbohidratos		Lípidos	
	Primavera	Verano	Primavera	Verano	Primavera	Verano
<b>1</b>	53.57 (1.31)	50.73 (8.50)	13.23 (2.36)	23.65 (13.57)	19.38 (0.55)	25.36 (3.78)
<b>2</b>	63.53 (11.82)	57.65 (3.01)	19.15 (10.08)	10.51 (3.58)	6.22 (5.39)	13.45 (5.10)
<b>3</b>	52.40 (1.69)	42.09 (12.86)	9.05 (1.37)	17.33 (13.40)	4.86 (0.52)	18.67 (2.11)

Así mismo la variabilidad es alta dentro de cada laboratorio (Ávila-Mercado, 2003), lo cual concuerda con lo encontrado por Cuevas-Rocha (2001), Bernal-Valenzuela (2001) y

Angulo-Escárcega (2001), quienes trabajaron en otros laboratorios de producción en el estado de Sinaloa.

La composición de ácidos grasos de *Chaetoceros* a nivel masivo en seis laboratorios comerciales fue diferente entre laboratorios y con una alta variabilidad dentro de los mismos. Las diferencias pueden estar relacionadas con diferencias de climas entre ambas regiones, pero no se encontró una relación con el tipo de recipientes (López-Elías *et al.*, 2003b).

En la figura 4 se aprecian los principales ácidos grasos obtenidos durante dos ciclos de producción en los seis laboratorios. Los ácidos grasos 18:0 y 18:4 fueron diferentes en órdenes de magnitud entre los laboratorios de Sonora y Sinaloa.

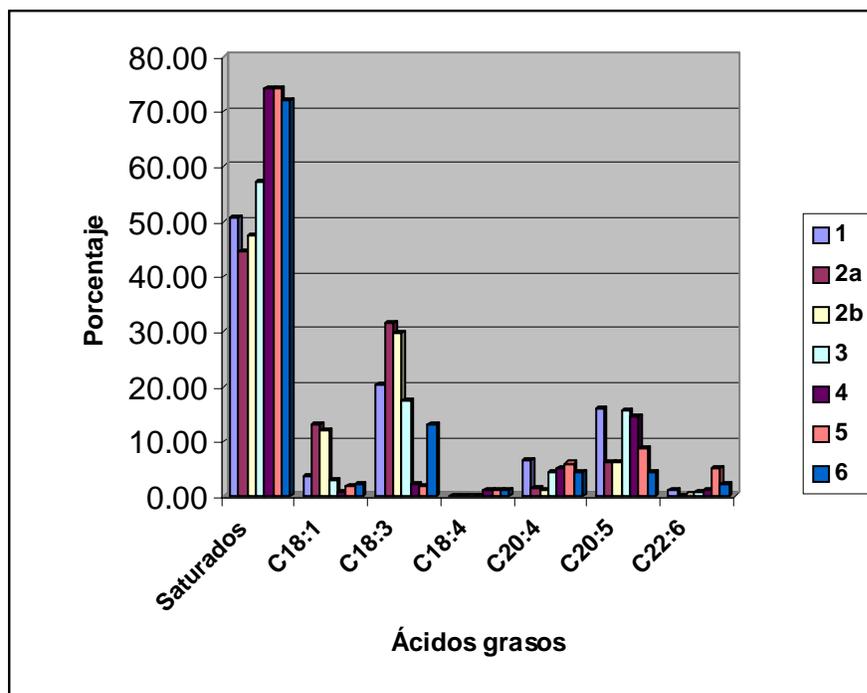


Figura 4. Composición de los ácidos grasos de *Chaetoceros* de los cultivos masivos en seis laboratorios comerciales de México (Tomado de López-Elías *et al.*, 2003b).

En otro estudio llevado a cabo con cultivos de *Chaetoceros* en Bahía Kino, Sonora, se encontraron también diferencias entre los meses de muestreo, que se relacionaron con las condiciones ambientales de la región (Figueroa-Ortiz, 2001). En los muestreos de los cultivos de *Chaetoceros* se encontraron los PUFAs C20:5 y C22:6 solamente en octubre y el C18:4 en septiembre y octubre (Tabla II).

Tabla II. Contenido de ácidos grasos (mg100 mg<sup>-1</sup> de lípidos) de *Chaetoceros* sp. en el laboratorio del CREMES en Bahía Kino, Sonora.

Ácidos grasos	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>C14:0</b>	10.08	19.97	47.04	27.30
<b>C16:0</b>	18.27	8.06	3.76	18.61
<b>C18:0</b>	4.49	14.63	-	1.77
<b>C16:1</b>	2.68	3.29	0.91	9.04
<b>C18:1</b>	5.11	8.69	-	1.42
<b>C20:1</b>	-	2.22	-	-
<b>C22:1</b>	-	6.69	-	-
<b>C18:2</b>	1.17	2.21	-	0.32
<b>C18:4</b>	1.19	1.13	-	0.20
<b>C20:5</b>	-	5.65	-	-
<b>C18:4</b>	-	11.57	-	-

## Conclusiones

Las especies de microalgas utilizadas en acuicultura son pocas y en los estados del noroeste de México, las más importantes son *Chaetoceros* spp.

Los sistemas de producción masivos de microalgas son diversos, pero la mayoría son llevados a cabo al exterior.

Las densidades celulares que se obtienen de forma rutinaria con la diatomea *Chaetoceros* son entre  $0.9$  y  $1.5 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup> y para las flageladas verdes son menores a  $0.6 \times 10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>.

La producción de biomasa orgánica seca es variable, dependiendo de las condiciones ambientales, rutina de producción y diseño del sistema de producción.

La composición proximal es variable entre los diferentes laboratorios en los estados de Sonora y Sinaloa, aunque el constituyente celular mayoritario son las proteínas.

El perfil de ácidos grasos varía de acuerdo a las condiciones ambientales y es diferente entre los laboratorios comerciales de Sonora y Sinaloa.

## Referencias bibliográficas

- Angulo-Escárcega, C.G. 2001. Evaluación cuantitativa y cualitativa de las microalgas cultivadas en un laboratorio comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 59 pp.
- Ávila-Mercado, I.S. 2003. Evaluación del área de microalgas de tres laboratorios de producción de larvas de camarón del estado de Sonora. Tesis de Maestría. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. 74 pp.
- Bernal-Valenzuela, B. 2001. Evaluación cuantitativa y cualitativa de la producción de microalgas en el laboratorio de “Generación Cincuenta, S.A. de C.V.” en el ciclo invierno-verano del año 2000. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 44 pp.
- Boeing, P. 1999. Larval feed alternatives. Marine Aquafauna Inc. Internet: [www.aquafauna.com/larvalfeedalt.htm](http://www.aquafauna.com/larvalfeedalt.htm).
- Chavira-Ortega, C.O. 2000. Evaluación del sistema de producción de microalgas de un laboratorio comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 53 pp.
- Coutteau, P. y Sorgeloos, P. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve mollusks: an international survey. *Journal of Shellfish Research*, 2 (11): 467-476.

- Cuevas-Rocha, F. 2001. Evaluación del área de microalgas de tres laboratorios comerciales de producción de larvas de camarón. Tesis de Maestría. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. 71 pp.
- Duerr, E.O., Molnar, A. y Sato, V. 1998. Cultured microalgae as aquaculture feeds. *Journal of Marine Biotechnology*, 7: 65-70.
- Figueroa-Ortiz, L. 2001. Evaluación de la producción y composición química de las microalgas *Chaetoceros* sp. e *Isochrysis* sp. en un centro de reproducción acuícola. Tesis de Maestría. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. 43 pp.
- Gallegos-Simental, G., Voltolina, D., López-Elías, J.A., Enríquez-Ocaña, F. y Piña, P. 2002. Producción a la intemperie y en el laboratorio de la diatomea *Chaetoceros muelleri* en Bahía Kino, Sonora, México. *Oceánides*, 17 (2): 85-91.
- Gelabert, R., Alfonso, E., Hernández, O. y Leal, S. 1993. Experiencias de alimentación de larvas de camarón *Penaeus smithii* con levaduras obtenidas industrialmente. *Larvicultura de Camarones Peneidos*. Vol 1 Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Cytel. 139-144.
- Guillard, R.L. y Ryther, J. H. 1962. Studies on marine planktonic diatoms I. *Cyclotella nana* Husted and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Canadian Journal of Microbiology*, 8: 229-239.
- Jones, D.J., Yule A.B. y Holland, D. J. 1997. Larval nutrition. pp. 353-389. En D`Abramo, J.R., Conklin D.E. y D.M. Akiyama (eds.). *Crustacean Nutrition*. Advances in World Aquaculture. Vol. 6. World Aquaculture Society. 587 pp.
- López-Elías, J.A., Encinas-Arreola, A. R., García-Valenzuela, A.C., Váldez, J. y Hoyos-Chaires, F. 1999. Producción anual de *Isochrysis* sp. y *Chaetoceros muelleri* Lemmerman en un centro acuícola en Bahía Kino, Sonora. *Oceánides*, 14 (1): 59-65.
- López-Elías, J.A., Voltolina, D., Cordero-Esquivel, B. y Nieves-Soto, M. 2003a. Producción comercial de larvas de camarón y microalgas en cuatro estados de la República Mexicana. *Biotecnia*, 5 (1): 42-50.
- López-Elías, J.A., Voltolina, D., Chavira-Ortega, C.O., Rodríguez-Rodríguez, B.B., Sáenz-Gaxiola, L.M., Cordero-Esquivel, B. y Nieves, M. 2003b. Mass production of microalgae in six commercial shrimp hatcheries of the Mexican northwest. *Aquacultural Engineering*, 29: 155-164.
- Malagrino, G. López-Contreras, L., Cáceres-Martínez, C. y Hirayama, K. 1999. Status of live feed culture for aquaculture purpose in México. *Bulletin of the Faculty of Fisheries*. Nagasaki University, 80: 43-47.
- Merchie, G., Lavens, P. y Sorgeloos, P. 1997. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae: a review. *Aquaculture*, 155: 165-181.
- Oswald, W.J. 1988. Large-scale algal culture systems (engineering aspects). En Borowitzka, M.A. y Borowitzka, L. J. (eds.). *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University Press. pp. 357-394.
- Panorama Acuícola. 2003. Los laboratorios productores de larvas en México se organizan. *Panorama Acuícola*. 9(1): 60: 60; 70-75.

- Reyes-Alvarez, M. R. 2001. Rendimiento del sistema de producción masiva de la microalga *Chaetoceros* sp. en el laboratorio de producción de postlarvas de camarón de la empresa el Camarón Dorado, S.A. de C.V. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. 40 pp.
- Richmond, A. 1986. Handbook of Microalgal Mass Culture. CRC Press, Boca Raton, Florida. 528 pp.
- Sáenz-Gaxiola, L.M. 2000. Producción de microalgas del laboratorio de cultivo de camarón No. 2 de Maricultura del Pacífico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 48 pp.
- Vonshak, A. 1988. Microalgas: técnicas de cultivo en laboratorio y para producción de biomasa a la intemperie. p. 155- 165. En Coombs, J., May, D.O., Long, S.P. y Scurlock, J.M. (eds.) Técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad. Colegio de Graduados, Chapingo, Estado de México, México, 258 pp.