

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/231056331>

## Producción a la intemperie y en laboratorio de Chaetoceros muelleri en Bahía Kino, Sonora, México.


Article · January 2002

CITATIONS  
4

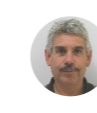
5 authors, including:

 **Domenico Voltolina**  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste  
231 PUBLICATIONS 1,585 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

 Identification and characterization of microbial consortium (biofilms and bioflocs) and their effects on water quality, production parameters, physiological and immune condition of Litopenaeus vannamei [View project](#)

READS  
72

 **José A López-Eliás**  
Universidad de Sonora (Unison)  
64 PUBLICATIONS 272 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

## PRODUCCIÓN A LA INTEMPERIE Y EN LABORATORIO DE LA DIATOMEA *Chaetoceros muelleri* EN BAHÍA KINO, SONORA, MÉXICO

Griselda Gallegos Simental<sup>1</sup>, Domenico Voltolina<sup>1</sup>, José Antonio López Elías<sup>2</sup>,  
Fernando Enríquez Ocaña<sup>2</sup> & Pablo Piña<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio UAS-CIBNOR, Apdo. postal 1132, Mazatlán, Sinaloa, México. microalgas@mzt.megared.net.mx. <sup>2</sup>Universidad de Sonora, Depto. DICTUS, Rosales y Niños Héroes, Hermosillo, Sonora., México. jalopez@guaymas.uson.mx. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Paseo Claussen s/n, Mazatlán, Sinaloa, México. papiva@mzt.megared.net.mx.

**RESUMEN.** Se compararon las concentraciones celulares y la cantidad de biomasa orgánica de cultivos de *Chaetoceros muelleri* de 300 y 3000 litros, mantenidos al exterior y en condiciones de laboratorio en las condiciones de primavera, verano e invierno que prevalecen en el estado de Sonora, donde las temperaturas de invierno y de verano varían entre menos de 8 °C a más de 45 °C. Experimentos similares se llevaron a cabo también en diferente laboratorio, comparando los valores obtenidos en laboratorio o en un invernadero. En el primer caso, los cultivos al interior y al exterior mostraron una variabilidad estacional muy marcada, posiblemente debida a cambios en la calidad del agua. Por otra parte, con la excepción de los cultivos de 300 litros en invierno, las cosechas fueron constantemente (significativamente) mejores al exterior, tanto en concentración de células como en biomasa orgánica. En el invernadero la producción fue constante en todas las situaciones estacionales y similar a la que se obtuvo en el laboratorio. De acuerdo con estos resultados, los operadores pueden escoger la opción de mantener sus cultivos al exterior, con una producción elevada, aunque variable, o en invernadero, con una producción constante en las diferentes temporadas del año; en ambos casos con un ahorro notable de consumo de energía eléctrica.

**Palabras clave:** *Chaetoceros muelleri*, Cultivos masivos, Cultivos a la intemperie, Costo de producción, Acuicultura.

### Indoor and outdoor mass culture of *Chaetoceros muelleri* (Bacillariophyceae) in Bahia Kino, Sonora, Mexico

**ABSTRACT.** The cell concentrations and yields of organic biomass of 300 and 3000 L outdoors cultures of the diatom *Chaetoceros muelleri* were compared to those obtained indoors in spring, summer and winter conditions of the coastal areas of the state of Sonora, where winter and summer air temperatures range from less than 8 °C to higher than 45 °C. Similar experiments were run at a separate hatchery, comparing the yields of 300 L cultures kept in a greenhouse to those obtained under laboratory conditions. In the first case, both indoor and outdoor cultures showed a marked seasonality, probably related to variations in seawater quality. However, with the exception of the 300 L cultures in winter, yields were consistently (significantly) better outdoors, both in cell numbers and in organic biomass. In the greenhouse the production was constant throughout the different seasonal situations, and similar in all cases to that obtained with indoor cultures. According to these results, hatchery operators may choose the option of keeping their large-scale cultures as well as the 300 L inocula, either outdoors, with high and variable yields, or in greenhouse with a regular output in different seasons, in both cases with substantial savings in electric power consumption.

**Key words:** *Chaetoceros muelleri*, Mass cultures, Outdoors cultures, Production costs, Aquaculture.

Gallegos Simental, G, D. Voltolina, J.A. López Elías, F. Enriquez Ocaña & P. Piña. 2002. Producción a la intemperie y en laboratorio de la diatomea *Chaetoceros muelleri* en Bahía Kino, Sonora, México. *Oceánides*, 17(2): 85-91.

### INTRODUCCIÓN

La mayoría de los camaronicultores mexicanos se abastece de postlarvas producidas en laboratorio, debido a la escasa disponibilidad de juveniles silvestres, a su mayor susceptibilidad de ser portadores de enfermeda-

des y a la opinión generalizada de que el uso de semilla natural pone en duda la sustentabilidad del recurso y de la actividad camaronícola (Lucien-Brun, 1997). Estas larvas se producen en sistemas de cultivo intensivo o superintensivo, los cuales requieren de alimento vivo (fitoplancton y zooplancton), que se produce

Fecha de aceptación: 8 de noviembre, 2002.

masivamente en laboratorios anexos a los de cultivo larvario (Alfonso, 1993).

En dependencia de la especie en cultivo, de la tecnología empleada y de factores geográficos, climáticos y socioeconómicos, el costo de este alimento puede representar entre el 20% y el 70% del total de los gastos de operación de un laboratorio de producción de postlarvas (Cotteau & Sorgeloos, 1992; Spektorova *et al.*, 1997; Boeing, 1999).

En el caso de los laboratorios productores de postlarvas del Pacífico Mexicano, destaca el costo de la energía eléctrica necesaria para mantener el área de microalgas en condiciones controladas de luz y de temperatura durante su rutina de producción, la cual consiste invariablemente de cultivos de volumen progresivamente creciente, típicamente de 0.15-0.25 a 200-400 litros en cuatro niveles sucesivos, finalizando con el nivel de producción final, de entre 1 a 5 m<sup>3</sup>.

En vista de que los cultivos de mayores dimensiones causan el mayor consumo de energía (Voltolina *et al.*, 1999), una forma de reducir estos costos es mantenerlos al exterior o en un invernadero. La finalidad de este trabajo fue la de evaluar estas dos opciones en las condiciones climáticas extremas de la zona costera del Estado de Sonora, donde las temperaturas máximas alcanzan los 40-45 °C, con mínimas invernales que pueden ser inferiores a los 8 °C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La microalga usada para este trabajo es la diatomea céntrica *Chaetoceros muelleri* (cepa CH-GRA), ampliamente utilizada en la acuicultura mexicana y que puede ser cultivada a temperaturas relativamente elevadas (Nelson *et al.*, 1992), por lo cual pudiera ser adecuada para cultivos exteriores en verano, quedando por demostrar la factibilidad de cultivarla a la intemperie en otras situaciones estacionales.

Los experimentos se llevaron a cabo durante los meses de abril y agosto de 1996 y en enero de 1997 en el Centro Reprodutor de

Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) y en la Unidad Experimental Kino (UEK) de la Universidad de Sonora, ambos ubicados en Bahía Kino, Sonora y se repitieron tres veces para cada situación estacional.

En el CREMES, los cultivos se llevaron a cabo en cilindros de fibra de vidrio transparente de 300 litros y en tanques de 3000 L (con 60 cm de profundidad). En ambos niveles los cultivos se hicieron por triplicado, en condiciones de laboratorio con luz y temperatura controlada y al exterior, sin ningún control de las variables ambientales.

En la UEK los experimentos fueron en tres cilindros de 300 litros, en condiciones de laboratorio similares a las del CREMES, que se compararon con un igual número de cultivos mantenidos en un invernadero. En este caso la temperatura de los cultivos se controló parcialmente durante el verano, rociando el exterior de los cilindros y con ventilación continua para facilitar su enfriamiento por evaporación, además que con una malla sombra con un 30% de superficie opaca.

En ambos laboratorios la agitación fue por burbujeo con aire comprimido, adicionado dos veces al día (11:00 a.m. y 15:00 p.m.) con CO<sub>2</sub> solo en el caso de los cilindros. Los inóculos (0.1 x 10<sup>6</sup> cél. · ml<sup>-1</sup> en todos los casos) fueron preacimatados y se obtuvieron manteniendo durante 48 horas dos a tres cultivos en cilindro para cada situación experimental.

En la UEK los medios de cultivo fueron preparados modificando un fertilizante comercial, para obtener concentraciones de nitrógeno y de fósforo equivalentes a la formulación f/2 (Guillard, 1972). En el CREMES se usó un medio con la misma composición y concentración, preparado con los ingredientes y reactivos especificados en la etiqueta del fertilizante y usando la mitad de los nutrientes (medio f/4), para el caso de los estanques de 3000 litros.

Después de 48 horas, duración normal para rutinas de producción comercial, se verificó la concentración celular de cada cultivo con un hematocitómetro y se midieron la temperatura y el pH del medio. La cantidad de bio-

masa orgánica se determinó concentrando por triplicado entre 100 y 200 ml de cultivo en filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C, que se secaron hasta peso constante a 75 °C y se incineraron posteriormente en una mufla a 475 °C. Por diferencia entre los dos pesos, se calculó la sustancia orgánica presente en cada muestra.

En el CREMES, se usó una mezcla de los tres cultivos en cilindro de cada situación experimental para iniciar los respectivos cultivos en tanque. En la UEK se desecharon, para dar inicio al experimento siguiente.

Después de comprobar la normalidad y la igualdad de varianzas de los datos con las pruebas de Lilliefors y de Bartlett, respectivamente, los valores promedio de la concentración celular y de la cantidad de biomasa orgánica presentes en los dos tipos de cultivo en las diferentes situaciones estacionales se contrastaron mediante pruebas de análisis de varianza de dos vías y cuando fue necesario se identificaron las diferencias con una prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales de los cultivos variaron ampliamente al exterior y se notaron diferencias estacionales relativamente importantes en el caso de los cultivos al interior. Estas dependen, en el caso de la temperatura, de la dificultad de controlar mediante el uso de aparatos de aire acondicionado los ambientes de grandes dimensiones (240 y 60 m<sup>2</sup> para el CREMES y la UEK, respectivamente) en los cuales se mantienen los cultivos masivos de microalgas para la alimentación larvaria.

Las temperaturas medias de los cultivos en cilindro resultaron constantemente superiores que en los tanques, debido a la alta evaporación de los segundos, la cual es propiciada por la alta proporción entre superficie y volumen (1.92, en comparación con 0.65 en el caso de los cilindros).

De igual manera, las bajas temperaturas ambientales del invierno (mínimas de entre 7 a

10 °C en el período en el cual se llevó a cabo este estudio), no se reflejan en manera notoria en las temperaturas de los cultivos exteriores. Ésto se explica en parte por la temperatura relativamente elevada (>20 °C en invierno) del aire comprimido que se usa para agitar los cultivos y también porque los muestreos fueron a las 11 am, lo cual permitió que los cultivos recibieran aproximadamente cuatro horas de insolación directa.

La cantidad de luz (mol·m<sup>-2</sup>) recibida por los cultivos durante las 48 horas de duración de los experimentos, calculada con los valores reportados por Torres Rodríguez (1997) para los mismos períodos en el CREMES y verificados con 3 a 4 lecturas diarias en la UEK, fue entre dos y cuatro veces mayor en los cultivos al exterior. Además, la irradiancia fue inferior en el invernadero, debido a la filtración de una parte de la luz por el material de construcción, por la mayor humedad relativa ambiental y, durante el verano, por la presencia de una malla sombra (Tabla I).

En la UEK no se notaron diferencias estacionales de la concentración celular y de producción de biomasa, mientras que en el CREMES las concentraciones fueron inferiores en invierno.

Esta tendencia se notó tanto al exterior como en condiciones de laboratorio, por lo cual la explicación más probable es que existen diferencias estacionales en la calidad del agua de mar usada como base del medio de cultivo; ésta se bombea de una bahía abierta, mientras que la fuente de agua de la UEK es un estero en el cual presumiblemente no se notan tan profundamente los efectos de la inversión de régimen hidrológico, característica del área norte del Golfo de California (Cano Pérez, 1991).

A pesar de los altos valores de pH encontrados en verano, que deberían supuestamente limitar el crecimiento microalgal, la concentración celular de los cultivos llevados a cabo en el CREMES fue constantemente superior al exterior y la misma falta de efecto de esta variable se notó en la UEK en primavera.

**Tabla 1.** Condiciones ambientales en los cultivos de *Chaetoceros muelleri* al interior y exterior (CREMES) o al interior e invernadero (UEK) en diferentes situaciones estacionales y en los volúmenes de cultivo indicados. Iluminación en fotones acumulados en 48 horas por  $m^2$  ( $mol \cdot m^{-2} \cdot 48 h^{-1}$ ), temperatura en  $^{\circ}C$  y pH (desviación estándar en paréntesis).

**Table 1.** Total irradiance ( $mol \cdot m^{-2} \cdot 48 h^{-1}$ ), mean temperature and pH values in indoor and outdoor (CREMES) and indoor and in greenhouse (UEK) cultures of *Chaetoceros muelleri* during spring, summer and winter. Standard deviation in parenthesis.

CREMES	Iluminación		Temperatura		pH	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
<b>300 L</b>						
Primavera	57.1	196	27.5 (1.1)	28.9 (1.1)	7.8 (0.3)	7.5 (0.1)
Verano	57.1	200	27.8 (0.4)	36.5 (0.7)	7.4 (0.4)	9.0 (1.6)
Invierno	57.1	118	23.7 (0.4)	21.3 (3.0)	8.3 (0.1)	8.4 (.02)
<b>3000 L</b>						
Primavera	57.1	196	23.9 (0.1)	23.5 (0.7)	8.5 (0.3)	8.5 (0.1)
Verano	57.1	200	26.5 (0.7)	30.5 (0.7)	8.7 (0.1)	9.9 (0.2)
Invierno		118	20.8 (0.8)	17.5 (0.8)	8.2 (0.0)	8.5 (0.2)
<b>UEK</b>						
<b>300 L</b>						
Primavera	62.5	181	24.0 (1.6)	25.8 (5.0)	8.7 (0.2)	9.4 (0.7)
Verano	62.2	132	19.6 (0.4)	25.5 (2.9)	7.8 (0.1)	7.5 (0.6)
Invierno	62.5	107	20.8 (1.1)	18.0 (1.7)	8.2 (0.0)	8.5 (0.2)

En el CREMES, es particularmente notoria la alta concentración alcanzada en los cilindros en primavera, período en el cual Torres Rodríguez (1997) registró valores similares. En su caso, la situación de verano dio resultados muy parecidos, aunque la temperatura máxima registrada en sus experimentos ( $35.5^{\circ}C$ ) fue de más de  $1^{\circ}C$  inferior a la encontrada en este trabajo, lo que pudiera representar el límite térmico óptimo para esta cepa microalgal.

Por otro lado, las células de estos cultivos resultaron viables, como resulta por la concentración final en los tanques de 3000 litros, que se iniciaron utilizando como inóculos la mezcla de la cosecha de los tres cilindros.

En el caso de la UEK, no se encontraron diferencias entre estaciones y tratamientos, indicando que el invernadero es otra alternativa viable, por lo menos en lo que se refiere a la regularidad de producción de inóculos en diferentes estaciones del año (Tabla 2).

En producción de biomasa orgánica por unidad de volumen, el bajo valor encontrado en invierno en los cultivos al exterior en cilindro coincide con los datos registrados por Torres Rodríguez (1997) y Tinoco Villa (1996) en pruebas similares, en las cuales el contenido inorgánico de las células cultivadas al exterior fue mayor en invierno, con respecto a otras situaciones estacionales.

Con esta única excepción, no se notaron diferencias importantes (significativas) en producción de biomasa orgánica entre las dos condiciones de cultivo o, cuando se encontraron, éstas confirman que los sistemas al exterior pueden ser más productivos de los mantenidos en laboratorio, los cuales tienen un costo notablemente mayor (Tabla 2).

Aún cuando la práctica de mantener a la intemperie los cultivos de mayores dimensiones se ha establecido en la costa occidental del Pacífico Mexicano desde hace algunos

años, son muy pocos los laboratorios que mantienen al exterior también sus cultivos intermedios.

En particular, los recipientes de 200 a 400 litros se mantienen en laboratorios, en los cuales se intenta mantener condiciones aproximadamente controladas mediante aparatos de aire acondicionado de dimensiones y características diversas y con alumbrado artificial, de por lo menos dos focos de 75 W cada uno.

**Tabla 2.** Concentración (N, en  $10^6$  cél·ml<sup>-1</sup>) y peso orgánico de la cosecha (MO, en g·l<sup>-1</sup>) de *Chaetoceros muelleri*, en cultivos de 300 y 3000 litros en el CREMES en condiciones de laboratorio y al exterior y en la UEK, en el laboratorio y en invernadero. Letras diferentes indican diferencias significativas (ANDEVA de dos vías y prueba de Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). Se reportan los valores medios y en paréntesis la desviación estándar.

**Table 2.** Mean cell concentrations (N, in  $10^6$  cells·ml<sup>-1</sup>) and organic yield (MO, in g·m<sup>-3</sup>) of indoor and outdoor (CREMES) and indoor and greenhouse (UEK) cultures of *Chaetoceros muelleri* during spring, summer and winter. Different letters indicate significant differences (two way ANOVA and Tukey multiple comparison test;  $\alpha=0.05$ ). Standard deviations in parenthesis.

CREMES	N		MO	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior
<b>300 L</b>				
Primavera	2.19 (0.15)	4.94 d (0.17)	0.101 c (0.0007)	0.159 e (0.012)
Verano	1.40a (0.20)	1.82 b (0.24)	0.076 b (0.003)	0.124 d (.007)
Invierno	1.8 a (0.11)	1.15 (0.72)	0.066 b (0.012)	0.036 a (0.10)
<b>3000 L</b>				
Primavera	0.96 b (0.13)	1.33 d (0.01)	0.036 a (0.011)	0.046 a (0.007)
Verano	0.74 b (0.02)	1.49 d (0.32)	0.049 a (0.003)	0.076 b (0.002)
Invierno	0.60 a (0.10)	1.12 c (0.13)	0.045 a (0.002)	0.050 a (0.002)
<b>UEK</b>				
<b>Col 300 L</b>				
Primavera	1.34 (0.53)	1.37 a (0.38)	0.057 a (0.012)	0.068 a (0.026)
Verano	1.12 a (0.56)	0.95 a (0.19)	0.060 a (0.007)	0.084 a (0.018)
Invierno	1.21 a (0.54)	1.36 a (0.38)	0.084 a (0.031)	0.072 a (0.027)

Para una rutina de 48 horas, similar a la usada en este trabajo, esto representa un total de 7.2 kW para cada cultivo, además de la parte proporcional del consumo de energía de los equipos de aire acondicionado (aproximadamente 7 kW/h nominales para un aparato de 24,000 BTU).

De hecho, se ha calculado que en el CREMES la iluminación requerida para un cultivo en tanque representa el 36% del costo total de producción (Votolina *et al.*, 1999) y en otro laboratorio del mismo Estado, en el cual se mantienen en condiciones controladas todos los inóculos, hasta el nivel de 300 litros, se determinó que la energía eléctrica representa aproximadamente el 45% de los costos de producción de microalgas, con un consumo aproximadamente igual para el sistema de alumbrado y el de climatización (Lango Alemán, 1999).

Según los resultados del presente trabajo, la mayor parte de estos costos puede ser eliminada cultivando los dos últimos niveles de producción en condiciones de invernadero, con la ventaja adicional de una producción más regular y constante en las diferentes temporadas del año.

Por otro lado, la construcción y mantenimiento de un invernadero requieren de una inversión adicional, que según los resultados de este trabajo no es necesaria. Además, por lo menos en algunas situaciones estacionales, un cultivo en cilindro al exterior es susceptible de reeditar inóculos más concentrados, los cuales permitirían utilizar rutinas más breves, o de mantener un menor número de estos cultivos para iniciar la cantidad habitual de cultivos del último nivel de producción.

## REFERENCIAS

- Alfonso, E. 1993. Larvicultura. 37-79. En: Alfonso, E., Ramos, L., Díaz Iglesia, E., García, T. & Rosas, C. (Eds.). *Manual del II curso internacional de producción de poslarvas de camarones peneidos del Atlántico de América*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. 133 p.
- Boeing, P. 1999. Larval feed alternatives. [www.aquafauna.com/larvalfeedalt.htm](http://www.aquafauna.com/larvalfeedalt.htm).
- Cano Pérez, F.A. 1991. Golfo de California. Oceanografía física. 453-514. En: De la Lanza Espino, G. (Ed.). *Oceanografía de Mares Mexicanos*. AGT Editor, S.A. México, D.F.
- Coutteau, P. & P. Sorgeloos. 1992. The use of algae substitute and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve molluscs: an international survey. *J. Shellfish Res.*, 11:467-476.
- Guillard, R.R.L. 1972. Culture of the phytoplankton for feeding marine invertebrate larvae. 29-60. En: Smith, W.L. & Chanley, M.E. (Eds.). *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum Publishing Co., New York. 252 p.
- Lango Alemán, J.A. 1999. *Análisis de costos para la producción masiva de microalgas en un laboratorio comercial de postlarvas de camarón del sur del estado de Sonora, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 72 p.
- Lucien-Brun, H. 1997. Evaluation of world shrimp production: fisheries and aquaculture. *World Aquaculture*, 28 (4): 21-23
- Nelson, J.R., S. Guarda, L.E. Sowell & P.B. Hefferman. 1992. Evaluation of microalgal clones of mass culture in a subtropical green house bivalve hatchery: growth rates and biochemical composition at 30 °C. *Aquaculture*, 106:357-377.
- Spektorova, L., R. Leroy-Creswell & D. Vaughan. 1997. Closed tubular cultivator: an innovative system for commercial cultures of microalgae. *World Aquaculture*, 28(2): 39-43.
- Tinoco Villa, O. 1996. *Evaluación cualitativa y cuantitativa de la producción de cultivos masivos al exterior de la microalga marina Chaetoceros muelleri en invierno y primavera*. Tesis de Licenciatura. Univer-

- sidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 86 p.
- Torres Rodríguez, L.M. 1997. Uso de un fotoreactor para la producción masiva de microalgas para la acuicultura. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C., México. 66 p.
- Voltolina, D., M. Nieves & P. Piña. 1999. Fertilizers as cheap growth media for microalgae production: a Mexican point of view. *Riv. Ital. Acquacolt.* 34: 43-45.
- Zar, J. A. 1996. *Biostatistical Analysis*. (3a. Ed.). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 662 p.