

## Variación estacional de la producción de huevos del copépodo calanoideo *Centropages furcatus* (Dana, 1852) en la Bahía de La Paz, México

### Seasonal variability of egg production rates of calanoid copepod *Centropages furcatus* (Dana, 1852) in Bahia de La Paz, Mexico

Sergio Hernández-Trujillo, Alejandro Zárate-Villafranco, Rocío Pacheco-Chávez, Gabriela Ma. Esqueda-Escárcega, José Reyes Hernández-Alfonso, Gerardo Aceves-Medina.

CICIMAR-IPN. Departamento de Plancton y Ecología Marina. Apartado postal 592, 23000 La Paz, Baja California Sur. México. E-mail: strujil@ipn.mx

Hernández-Trujillo S., A. Zárate-Villafranco, R. Pacheco-Chávez, G. M. Esqueda-Escárcega, J. R. Hernández-Alfonso y G. Aceves-Medina. 2008. Variación estacional de la producción de huevos del copépodo calanoideo *Centropages furcatus* (Dana, 1852) en la Bahía de La Paz, México. *Hidrobiológica* 18 (1 Suplemento): 61-67.

#### RESUMEN

Se estimó la tasa de producción de huevos (TPH) para *Centropages furcatus* en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México, durante 2003. Esta especie es una de las más abundantes y frecuentes de los copépodos en la zona. La estimación en carbono de la producción de huevos fue máxima en verano ( $1.20 \pm 0.7 \mu\text{g C hembra}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) y mínima en primavera ( $0.58 \pm 0.42 \mu\text{g C hembra}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). La mayor longitud del prosoma (LP) fue registrada en verano ( $1.15 \pm 0.05 \text{ mm}$ ) y la menor en otoño ( $1.01 \pm 0.04 \text{ mm}$ ). No hubo correlación significativa entre LP y TPH con la concentración de clorofila *a* (Cl *a*) ni con la temperatura superficial del mar (TSM). En invierno, primavera y verano la TSM fue menor a  $23.2^\circ\text{C}$ , a diferencia de otoño que presentó TSM mayores a  $27^\circ\text{C}$ . En relación a la Cl *a*, tanto en invierno, primavera y otoño los valores fueron menores a  $1 \text{ mg m}^{-3}$ , mientras que en verano fueron mayores a  $3 \text{ mg m}^{-3}$ . Aunque la correlación no fue significativa ( $p > 0.05$ ) entre los parámetros biológicos y las variables ambientales, la especie presentó valores altos de LP y TPH en verano cuando la TSM fue baja y la concentración de Cl *a* fue la más alta.

**Palabras claves:** Producción de huevos, Clorofila *a*, *Centropages furcatus*.

#### ABSTRACT

The egg production rate (EPR) was estimated for *Centropages furcatus* in Bahia de La Paz, Baja California Sur, Mexico during 2003. This species is one of the most abundant and frequent copepod in the zone. The highest egg production in carbon estimations for *C. furcatus* were observed in summer ( $1.20 \pm 0.7 \mu\text{g C female}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) and the lowest was found during spring ( $0.58 \pm 0.42 \mu\text{g C female}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). The longest prosome length (PL) was registered in summer ( $1.15 \pm 0.05 \text{ mm}$ ) and the shorter during autumn ( $1.01 \pm 0.04 \text{ mm}$ ). No significant correlation was found in a daily base between EPR and PL with chlorophyll *a* (Chl *a*) concentration neither the sea surface temperature (SST). In temporal scale, in winter, spring and summer the SST was low ( $<23.2^\circ\text{C}$ ) in contrast, autumn presented high SST ( $>27^\circ\text{C}$ ). Chl *a* was low ( $<1 \text{ mg m}^{-3}$ ) in winter, spring and autumn, whereas in summer it was high ( $>3 \text{ mg m}^{-3}$ ). Although the correlation was non significant between the biological parameters and the environmental variables ( $p > 0.05$ ), the species showed high values of LP and TPH in summer when SST were low and the concentration of Chl *a* was high.

**Key words:** Egg production rate, Chlorophyll *a*, *Centropages furcatus*.

## INTRODUCCIÓN

Los copépodos planctónicos constituyen alrededor del 50 a 90% de la abundancia zooplanctónica (Hirst & Bunker, 2003) por lo que son un eslabón muy importante dentro de la red trófica marina, al alimentarse de productores primarios y secundarios y, a su vez, son presa de otras especies de niveles tróficos superiores. Su importancia en el ecosistema pelágico es tal que sus fluctuaciones o cambios poblacionales pueden influir en la estructura de la comunidad pelágica, en la trama trófica y la productividad (Ara, 2004; Daly *et al.*, 2004). Las especies del género *Centropages* pueden ejercer control sobre la dinámica poblacional de otros copépodos, así como afectar la abundancia de huevos y larvas de peces (Conley & Turner, 1985; Slater & Hopcroft, 2005).

Para determinar la importancia ecológica de los copépodos pelágicos en el plancton, se han realizado trabajos sobre su biología, productividad, distribución, abundancia y también sobre la influencia que ejercen las variables ambientales en sus poblaciones (Hirst & Bunker, 2003). Debido a la gran abundancia de los copépodos, una variable de particular interés en el análisis de ecosistemas es la estimación de la producción secundaria del zooplancton, la cual se ha tratado de establecer para los copépodos a partir del cálculo de diferentes tasas vitales como es la fecundidad (Ambler, 1985).

La fecundidad es definida como el número de huevos puestos por hembra y que junto con otros parámetros biológicos como el crecimiento, la alimentación y la mortalidad son esenciales para estimar la producción secundaria y el reclutamiento de las poblaciones de diferentes especies de organismos.

La producción de huevos de los copépodos pelágicos es afectada por factores ambientales como la advección de marea, la mezcla inducida por el viento y por condiciones físico-químicas como la salinidad (Palomares-García *et al.*, 2003) y la temperatura; otras variables como la disponibilidad y tipo de alimento pueden alterar la producción y la viabilidad de los huevos (Ambler, 1985; Kiørboe *et al.*, 1985; Beckman & Petersen 1986; Armstrong *et al.*, 1991; Huntley & López, 1992; Kleppel *et al.*, 1998).

Palomares-García *et al.* (2003) hicieron una primera estimación de la tasa de producción de huevos de *Centropages furcatus* e identificaron algunos de los factores ambientales que la afectan en la Bahía de La Paz. *C. furcatus* es un habitante común en la Bahía de La Paz y la segunda especie más abundante en la comunidad de copépodos (Nava, 2006) por lo que su importancia en el ecosistema es relevante. El propósito de este estudio fue estimar la tasa de producción de huevos de *C. furcatus* en la Bahía de La Paz y la probable relación con la temperatura superficial del mar y concentración de Clorofila *a* (Cl *a*) en un ciclo estacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar la producción de huevos de *C. furcatus* se llevaron a cabo muestreos del 22 al 30 de enero (invierno), del 22 al 30 de abril (primavera), del 21 al 29 de junio (verano) y del 22 al 30 de octubre (otoño) del 2003. Las muestras de plancton vivo se obtuvieron diariamente en una estación fija, aproximadamente a una milla náutica de Punta Prieta, ubicada al suroeste de la Bahía de La Paz (24° 14' N y 110° 19' W).

Diariamente, al llegar a la estación se registró la temperatura superficial del mar (TSM) con un medidor de conductividad, temperatura y profundidad (CTD por sus siglas en inglés) Seabird y simultáneamente se realizó la recolecta de agua para la posterior determinación en el laboratorio de la concentración superficial de Cl *a* (mg m<sup>-3</sup>).

La captura de organismos vivos se efectuó diariamente entre las 08:00 y 09:00 h, mediante el arrastre superficial de una red cónica simple de 333 µm de abertura de malla, manteniendo la lancha a una velocidad baja durante cinco minutos, el material fue transportado al laboratorio. La determinación de Cl *a* se llevó a cabo por el método de Strickland y Parsons (1972), que consistió en extraer la clorofila en acetona al 90% durante 24 h en condiciones de frío y oscuridad. La densidad óptica de los extractos fue leída a 750, 665, 645 y 630 nm y posteriormente la concentración de Cl *a* es obtenida a través de las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975).

Con la ayuda de un microscopio estereoscópico se identificaron y separaron hembras maduras vivas de *C. furcatus*, que presentaron ovocitos maduros en los oviductos (Iánora, 1990). Se colocó un par de hembras maduras por cada frasco de plástico transparente conteniendo 250 ml de agua de mar filtrada (Whatman GF/F 0.7 µm) obtenida de la estación de muestreo; el experimento se hizo por triplicado cada día.

Todos los frascos experimentales se colocaron en un contenedor térmico por 24 h a la temperatura superficial registrada en la estación de muestreo y en oscuridad; la temperatura estuvo controlada por un termostato Aqua-Minder (± 0.5°C).

Al término de este lapso se extrajeron las hembras y huevos de cada uno de los frascos utilizando un tamiz de luz de malla de 20 µm. Se contó el número de huevos de cada frasco y se midió la longitud total y longitud del prosoma de cada una de las hembras.

La tasa de producción de huevos (TPH, huevos hembra<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) se calculó con la ecuación:  $TPH = (E/Nf)/(24/t)$ , donde *E* es el número de huevos producidos, *Nf* el número de hembras y *24/t* el tiempo de incubación corregido a 24 horas. La estimación de la tasa diaria de producción específica de huevos (peTPH) de *C. furcatus* fue a través del modelo:  $peTPH = (We/Wf)/t$ , donde *We*, es el peso de los huevos producidos (µg C), *Wf* el peso de las hembras (µg C) y *t* el tiempo de incubación.

Para estimar el peso de las hembras se utilizó la relación peso-longitud:

$$\ln Wf = 3.68 \times (\ln LP) - 22.86$$

Donde: *LP* es longitud patrón (Chisholm & Roff, 1990; Paffenhöfer & Harris, 1976). Para el peso de los huevos se midió el diámetro de los huevos para calcular el volumen de los mismos y estimar así la constante de 0.0334 para calcular el contenido de carbón en  $\mu\text{g C huevo}^{-1}$  (Kjørboe *et al.*, 1985; Checkley *et al.*, 1992).

Con objeto de probar si existía un efecto sobre la producción de huevos de *C. furcatus* derivado de la temperatura superficial del mar y de la concentración de clorofila *a*, se aplicó un análisis de varianza unidireccional a los resultados empleando un nivel de significancia de 0.05. Se llevó a cabo a *posteriori* una prueba de Bonferroni (STATGRAPHICS Plus for Windows 2.0) para probar si las diferencias encontradas entre los grupos de muestras cumplían con la mínima diferencia significativa de 0.05 (Sokal & Rohlf, 1995)

## RESULTADOS

**Condiciones ambientales.** La TSM en invierno y primavera se mantuvo sin variaciones importantes ( $21.7 \pm 0.27$  y  $22.0 \pm 0.09$  °C, respectivamente) y aunque en verano se observó un cambio mayor ( $21.8 \pm 1.03$  °C), no afectó significativamente el promedio mantenido en las épocas previas; fue en otoño cuando se registró un significativo aumento térmico ( $27.6 \pm 0.48$  °C; Fig. 1). El análisis de varianza detectó diferencias estacionales significativas de la TSM entre el otoño y el resto de las

épocas (Bonferroni,  $p < 0.05$ ). La concentración de Cl *a*, fluctuó en invierno ( $0.85 \pm 0.12$  mg  $\text{m}^{-3}$ ), primavera ( $0.77 \pm 0.25$  mg  $\text{m}^{-3}$ ) y otoño ( $0.98 \pm 0.35$  mg  $\text{m}^{-3}$ ), aunque solamente en verano se registró un incremento con grandes variaciones ( $3.67 \pm 1.08$  mg  $\text{m}^{-3}$ ), que fue significativamente diferente al resto de las épocas del año (Bonferroni,  $p < 0.05$ ).

**Talla y peso de *C. furcatus*.** El promedio general del tamaño del prosoma de las hembras fue de  $1.09 \pm 0.05$  mm y se detectaron cambios estacionales significativos ( $p < 0.05$ ; Tabla 1, Fig. 2). El análisis de Bonferroni mostró diferencias significativas entre las épocas del año ( $p < 0.05$ ), excepto entre invierno y primavera ( $p > 0.05$ ). El peso de las hembras, estimado por el modelo, se mantuvo en valores cercanos de invierno a verano ( $8.97 \pm 1.69$ ,  $8.36 \pm 1.5$  y  $9.87 \pm 1.54$  g C, respectivamente), y se redujo en el otoño ( $7.03 \pm 1.00$  g C), detectándose diferencias estacionales significativas ( $p < 0.05$ ). El análisis *post hoc* permitió establecer que solo entre invierno y primavera no hubo diferencias significativas (Bonferroni,  $p > 0.05$ ).

**Tasa de producción de huevos (TPH).** La producción de huevos de *C. furcatus* a lo largo del ciclo estacional fluctuó entre 15 y 30 huevos  $\text{hembra}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y la tasa diaria de producción específica de huevos (peTPH) entre 0.07 y 0.14  $\text{d}^{-1}$ . El análisis de varianza mostró diferencias estacionales significativas de la producción de huevos ( $p < 0.05$ ) y el análisis de Bonferroni detectó que estas diferencias se presentaron entre prácticamente todas las temporadas estudiadas ( $p < 0.05$ ; Tabla 1; Fig. 3). Por otro lado, no se encontró correlación significativa entre la longitud del prosoma de *C. furcatus* y la tasa de producción de huevos, ni con la temperatura superficial del mar ni con la Cl *a* a lo largo del ciclo estacional ( $r < 0.5$ ,  $p > 0.05$ )

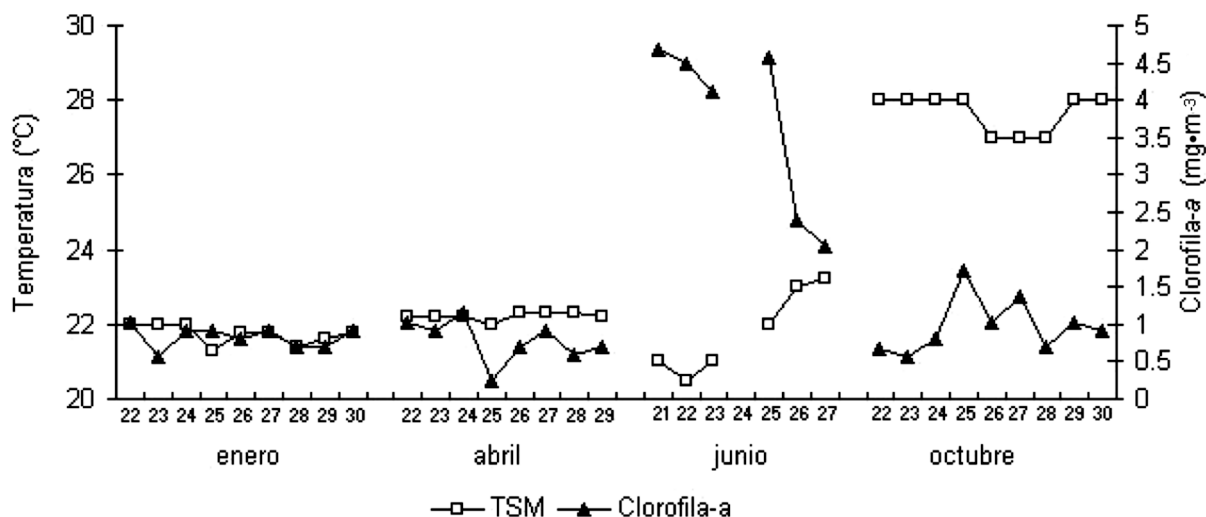


Figura 1. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) y Cl *a*

Tabla 1.- Estimación de la tasa de producción de huevos de *Centropages furcatus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.

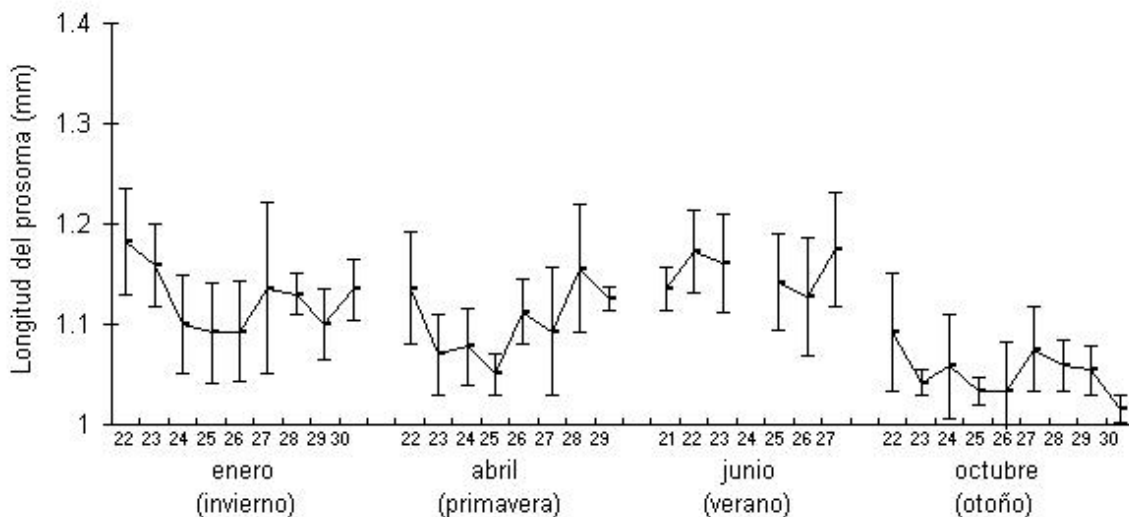
Época	n	LP (mm)	TPH	peTPH	Wf	No. Huevos
Invierno	71	1.12±0.06	0.79±0.39	0.09±0.04	8.97±1.69	20.26±10.0
Primavera	73	1.10±0.05	0.58±0.42	0.07±0.05	8.36±1.50	15.07±10.8
Verano	64	1.15±0.05	1.20±0.7	0.12±0.07	9.87±1.54	30.8±18.14
Otoño	53	1.01±0.04	1.01±0.44	0.14±0.07	7.03±1.00	26.07±11.37
I - P						
I - V		*	*	*	*	*
I - O		*		*	*	
P - V		*	*	*	*	*
P - O		*	*	*	*	*
V - O		*			*	

Número de observaciones promedio y desviación estándar de: la longitud del prosoma (LP, mm), de la Tasa de producción de huevos en carbono (TPH,  $\mu\text{g C hembra}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), del peso específico de la tasa de producción de huevos (peTPH,  $\text{d}^{-1}$ ), del peso de las hembras (Wf,  $\mu\text{g C}$ ) y el número de huevos ( $\text{hembra}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ). Parte inferior de la tabla es el contraste de la diferencia de las medias por pares mediante el ajuste *post hoc* de Bonferroni ( $\alpha = 0.05$ ) al ANDEVA. (\*) Medias significativamente diferentes.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que a lo largo del ciclo estacional la especie mantuvo un nivel de producción relativamente constante, que fue mayor en el verano; esta producción coincidió con el aumento de la concentración de clorofila *a*, pero no así con la TSM. La producción de huevos aparentemente fue influenciada por el tamaño y peso de las hembras ya que las hembras más grandes y de mayor peso produjeron un mayor número de huevos, lo que se observó claramente en el verano.

Aunque otros autores han encontrado correlaciones positivas entre la TPH de varias especies de calanoideos con la CI *a* y la TSM (Uye, 1981; 1982), otros no las han encontrado (Ianora & Scotto di Carlo, 1988; Ianora & Buttino, 1990); nuestros resultados son coincidentes con éstos últimos y con los reportados en la zona estudiada donde resultados similares fueron publicados para cuatro especies de copépodos calanoideos, entre los que se encuentra *C. furcatus* (Palomares-García *et al.*, 2003).

Figura 2. Variación de la longitud del prosoma de *Centropages furcatus*.

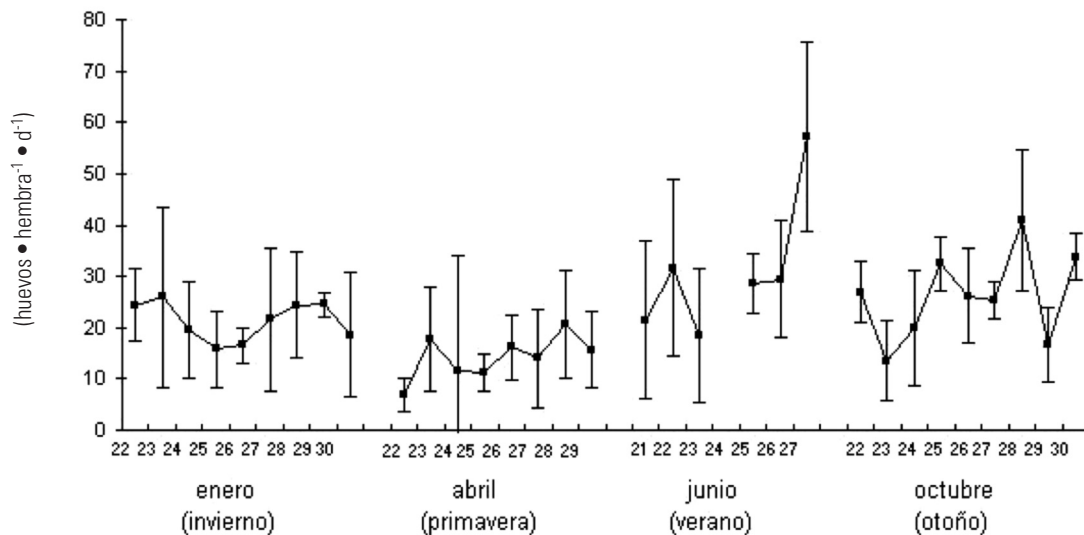


Figura 3. Variación de la tasa de producción de huevos de *Centropages furcatus*.

La concentración de *Cl a* es parte de la condición trófica de un ecosistema, aunque es un índice imperfecto de alimentación que ayuda a estimar el crecimiento y la fecundidad (Hirst & Bunker, 2003), ya que la cantidad de *Cl a* por sí misma no es indicativa de la calidad del alimento, como lo es el tipo de especies que componen el micro y nanofitoplancton, por lo que en este estudio la ausencia de correlación entre esta variable con la producción de huevos puede deberse a la condición omnívora de *C. furcatus* (Kleppel, 1993; Slater & Hopcroft, 2005) y a que se requiere de un mayor número de observaciones.

Algunas especies de copépodos de ambientes templados en condiciones adversas tienden a utilizar su energía principalmente para producir huevos y en condiciones favorables los copepoditos emplean esa energía para crecer, además de tener una mejor producción de huevos (Hazzard & Kleppel, 2003). En nuestro caso, la TPH más alta de verano coincidió con hembras más grandes y la mayor abundancia de clorofila *a*, en comparación con las otras épocas del año, lo que sugiere condiciones más favorables para la herbivoría de la especie. A lo largo del estudio no fue posible detectar correlación entre la LP y la TPH en *C. furcatus*, del mismo modo que no ha podido encontrarse para otros copépodos como *Temora stylifera* (Halsband *et al.*, 2001), *Paracalanus parvus* Claus, *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht y *A. clausi* Giesbrecht (Gómez & Peterson, 1999), en contraste a lo que ha sido reportado por otros autores en calanoides (Hirche, 1992; Halsband *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2005).

Hirst y McKinnon (2001), encontraron que en algunos copépodos los cambios en el peso corporal son debidos a cambios drásticos de alimento, a la turbulencia, las tasas de encuentro u otras condiciones ambientales y que la producción de huevos de algunas especies de copépodos se ajusta de

acuerdo a la disponibilidad de alimento y su metabolismo. En este sentido, Palomares-García *et al.* (2003) estimaron valores altos de producción de huevos (>20 huevos • hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) para *C. furcatus* después de un periodo de viento intenso y mareas altas, que originaron una columna de agua bien mezclada y altas concentraciones de *Cl a* en la Bahía de La Paz. En nuestro caso, la TPH más alta (30 ± 18.14) coincidió cuando la velocidad de viento fluctuó entre 10 y 13 m s<sup>-1</sup> (Fig. 4) y la concentración de *Cl a* fluctuó entre 2 y 4 mg m<sup>-3</sup>, concordando con Hirst y McKinnon (2001) respecto a la influencia que el medio puede tener en la TPH de los copépodos y que en este caso pudieron haber propiciado condiciones favorables en el verano para ocasionar una mayor TPH.

En conclusión, los resultados indican que la concentración de *Cl a* se detectó en niveles relativamente constantes y de baja abundancia a lo largo del ciclo estacional, excepto en el verano cuando se encontró una abundancia máxima.

En otoño, cuando las hembras tuvieron el menor tamaño de todo el ciclo estacional, la temperatura del agua era mayor a 27 °C y la concentración de *Cl a* ~1.0 mg m<sup>-3</sup>, en una situación aparentemente desventajosa, la reproducción fue exitosa prácticamente de la misma manera en que se observó todo el año, por lo que puede establecerse que la especie está bien adaptada a producir huevos sostenidamente en bajas concentraciones de *Cl a* de modo similar a otras especies de copépodos (Koski & Kuosa, 1999). Lo anterior se refuerza con la gran abundancia que *C. furcatus* tuvo en la zona de estudio y que permitió que ocupara el segundo lugar en la comunidad de copépodos (Nava, 2006); por lo que se puede inferir que la especie puede derivar más energía para la producción de huevos que para ganar peso, especialmente en las hembras adultas, además de que debió alimentarse no sólo de fitoplancton, sino también de microzooplancton (Nava 2006).

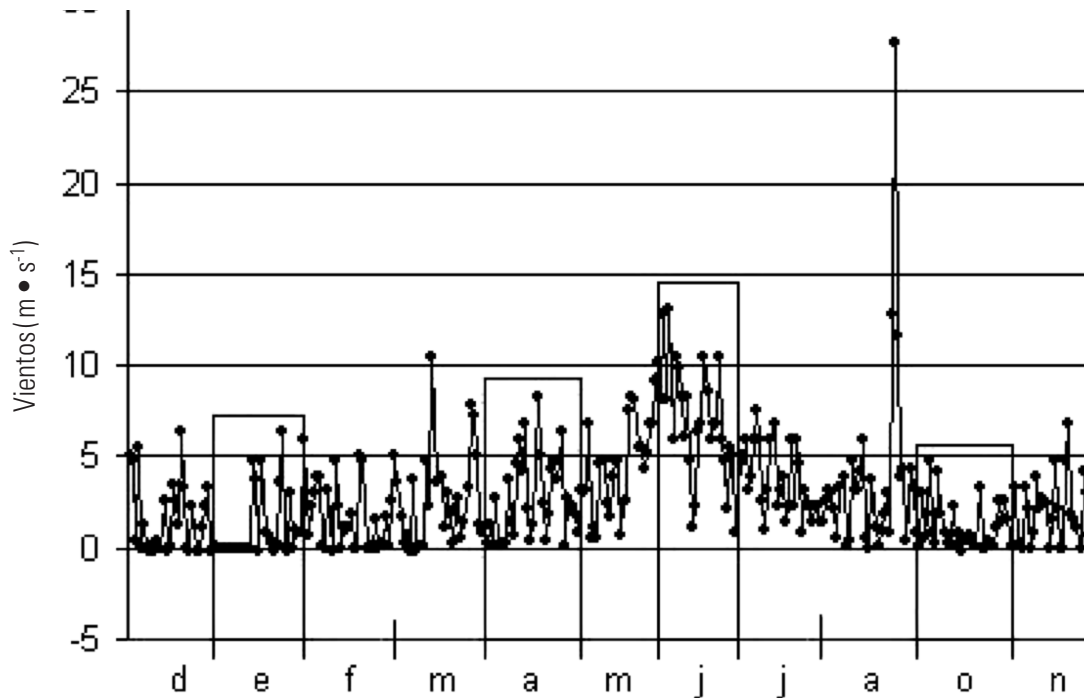


Figura 4. Registro mensual de la velocidad del viento del 2003 en la Bahía de La Paz ("DAVIS" estación meteorológica, muelle fiscal). Enero, abril y octubre (barras punteadas) y junio (barra continua).

Por ser esta la primera ocasión que se obtuvo el ciclo estacional de la producción de huevos en la Bahía de La Paz, no fue posible determinar si es el patrón de producción normal; por lo tanto debe procederse a efectuar comparaciones temporales de la fecundidad de la especie, así como la estimación de la viabilidad de los huevos y el efecto potencial que pueden tener sobre ellos los factores ambientales.

## AGRADECIMIENTOS

El grupo de trabajo agradece al IPN por el financiamiento de los proyectos a partir de los que se originó esta contribución (CGPI 20020337, 20040722), así como al personal de apoyo y estudiantes del posgrado que participaron en el trabajo de campo y laboratorio en distintos momentos del desarrollo de los proyectos. A los árbitros anónimos que pacientemente contribuyeron al mejoramiento de la calidad del manuscrito. SHT, GEE, GAM y JRHA son becarios de la COFAA-IPN y de EDI-IPN.

## REFERENCIAS

- AMBLER, J. W. 1985. Seasonal factors affecting egg production and viability of eggs of *Acartia tonsa* Dana from East Lagoon, Galveston, Texas. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 20: 743-760.
- ARA, K. 2004. Temporal variability and production of the planktonic copepod community in the Cananéia Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Zoological Studies* 43(2): 179-186.
- ARMSTRONG, D. A., H. M. VERHEYE & A. D. KEMP. 1991. Short-term variability during an anchor station study in the Benguela upwelling system: Fecundity estimates of the dominant copepod, *Calanoides carinatus*. *Progress in Oceanography* 28: 167-188.
- BECKMAN, B. R. & W. T. PETERSEN. 1986. Egg production by *Acartia tonsa* in Long Island Sound. *Journal of Plankton Research* 8: 917-925.
- CHECKLEY, D. M., M. DAGG & S. I. UYE. 1992. Feeding, excretion and egg production by individuals and populations of the marine, planktonic copepods, *Acartia* spp. and *Centropages furcatus*. *Journal of Plankton Research* 14(1): 71-96.
- CHISHOLM, L. A. & J. C. ROFF. 1990. Size-weight relationships and biomass of tropical neritic species off Kingston, Jamaica. *Marine Biology* 106: 71-77.
- CONLEY, W. J. & J. T. TURNER. 1985. Omnivory by the coastal marine copepods *Centropages hamatus* and *Labidocera aestiva*. *Marine Ecology Progress Series* 21: 113-120.
- DALY Y. M. N., S. SOUISSI & O. DALY Y. K. 2004. Spatial and temporal structure of planktonic copepods in the bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea). *Zoological Studies* 43(2): 366-375.



- GÓMEZ, J. & W. T. PETERSON. 1999. Egg production rates of eight calanoid copepod species during summer 1997 off Newport, Oregon, USA. *Journal of Plankton Research* 21(4): 637-657.
- HALSBAND, C., S. NIVAL, F. CARLOTTI & H. J. HIRCHE. 2001. Seasonal cycles of egg production of two planktonic copepods: *Centropages typicus* and *Temora stylifera*, in the north-western Mediterranean sea. *Journal of Plankton Research* 23(6): 597-609.
- HAZZARD, S. E. & G. S. KLEPPEL. 2003. Egg production of the copepod *Acartia tonsa* in Florida Bay: role of fatty acids in the nutritional composition of the food environmental. *Marine Ecology Progress Series* 252: 199-206.
- HIRCHE, H. J. 1992. Egg production of *Eurytemora affinis* effect of k-strategy. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 35: 395-407.
- HIRST A. G. & A. D. MCKINNON. 2001. Does egg production represent adult female copepod growth? A call to account for body weight changes. *Marine Ecology Progress Series* 223: 179-199.
- HIRST, A. G. & A. J. BUNKER. 2003. Growth of marine planktonic copepods: Global rates and patterns in relation to chlorophyll a, temperature and body weight. *Limnology and Oceanography* 48: 1988-2010.
- HUNTLEY, M. E. & M. D. G. LÓPEZ. 1992. Temperature-dependent production of marine copepods: a global synthesis. *The American Naturalist* 140 :201-242.
- IANORA, A. 1990. The effect of reproductive condition on egg production rates in the planktonic copepod *Centropages typicus*. *Journal of Plankton Research* 12(4): 885-890
- IANORA, A. & B. SCOTTO DI CARLO. 1988. Observations on egg production rates and seasonal changes in the internal morphology of Mediterranean populations of *Acartia clausi* and *Centropages typicus*. *Hydrobiologia* 167/168: 247-253.
- IANORA, A. & I. BUTTINO. 1990. Seasonal cycles in population abundance and egg production rates in the planktonic copepod *Centropages typicus* and *Acartia clausi*. *Journal of Plankton Research* 12(3): 473-481.
- JEFFREY, S. W. & G. F. HUMPHREY. 1975. New spectrophotometric equation for determining chlorophyll's a, b, c1 and c2 in algal phytoplankton and higher plants. *Comparative Biochemistry and Physiology* 167: 191-194.
- KJØRBOE, T. F. MOHLENBERG & H. U. RIISSGARD. 1985. *In situ* feeding rates of planktonic copepods: a comparison of four methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 88: 67-81.
- KLEPPEL, G. S. 1993. On the diets of calanoid copepods. *Marine Ecology Progress Series* 99: 183-195.
- KLEPPEL, G. S., C. A. BURKART & L. HOUCHEIN. 1998. Nutrition and the regulation of egg production in the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Limnology and Oceanography* 43(5): 1000-1007.
- KOSKI M. & H. KUUSA. 1999. The effect of temperature, food concentration and female size on the egg production of the planktonic copepod *Acartia biflosa*. *Journal of Plankton Research* 21(9): 1779-1789.
- NAVA, T. A. 2006. *Depredación selectiva de Centropages furcatus (Copepoda: Calanoida) en Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. México, 59 p.
- PAFFENHÖFER, G. A. & R. P. HARRIS. 1976. Feeding growth and reproduction of the marine planktonic copepods *Pseudocalanus elongatus* Boek. *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom* 56: 327-344.
- PALOMARES-GARCÍA, R., A. MARTÍNEZ & R. DE SILVA. 2003. Winter egg production rate of four calanoid copepod species in Bahía de la Paz, Mexico. In: M. E. Hendrix (Ed.) *Contributions to the study of the East Pacific Crustaceans 2*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, pp. 139-152.
- SLATER, L. M. & R. R. HOPCROFT. 2005. Development, growth and egg production of *Centropages abdominalis* in the eastern subarctic Pacific. *Journal of Plankton Research* 27(1): 71-78.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd Edition. W. H. Freeman and Co. New York. 887 p.
- STRICKLAND, J. H. D. & T. R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 167: 1-310 p.
- UYE, S. 1981. Fecundity studies of neritic calanoid copepods *Acartia clausi* Giesbrecht and *A. Steuri* Smirnov: a simple empirical model of daily egg production. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 50: 255-271.
- UYE, S. 1982. Length-weight relationship of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 38: 149-158.
- ZHANG, G. T., S. SUN & F. ZHANG. 2005. Seasonal variation of reproduction rates and body size of *Calanus sinicus* in the Southern Yellow Sea, China. *Journal of Plankton Research* 2 (2): 135-143.

Recibido: 18 de enero de 2007

Aceptado: 21 de diciembre 2007

