

TASA DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS DE COPÉPODOS DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO

Hernández-Trujillo, Sergio & Gabriela Ma. Esqueda Escárcega

Instituto Politécnico Nacional-CICIMAR. Departamento de Plancton y Ecología Marina. Av. IPN s/n Playa Palo Santa Rita, 23096. La Paz, B.C.S.

RESUMEN. Se estimó la producción de huevos en aguas mexicanas del Pacífico tropical oriental mediante indicadores en copépodos pelágicos bajo condiciones de laboratorio. Los copépodos fueron recolectados durante abril de 2015, separados e incubados en tres estaciones oceanográficas frente a las costas de Guerrero, México. Solo *Labidocera acutifrons*, *Subeucalanus pileatus* y *Centropages furcatus* presentaron actividad reproductora. Los indicadores de producción secundaria fueron la tasa de producción de huevos (TPH), la relación masa-longitud y el factor de condición. La especie con mayor TPH y el valor más alto de factor de condición (K) fue *L. acutifrons*. En las tres especies se observó un crecimiento de tipo alométrico. Esta es la primera estimación de producción secundaria de zooplancton en el Pacífico Central de México, por lo que debe ampliarse a un mayor número de taxa y a una escala temporal-espacial estacional mayor.

Palabras clave: Copépodos, indicadores, producción de huevos, Pacífico Central

Copepod egg production rate in pelagic copepods in the Mexican Central Pacific

ABSTRACT. Estimates of secondary production through indicators from pelagic copepods under laboratory conditions were carried out in Mexican waters of the eastern tropical Pacific. Copepods were collected during April 2015, separated and in three oceanographic stations off the coast of Guerrero, Mexico. Only *Labidocera acutifrons*, *Subeucalanus pileatus* and *Centropages furcatus* presented reproductive activity. Secondary production indicators were the rate of egg production (TPH), the mass-length relationship and condition factor. The species with the highest TPH and the highest value of condition factor (K) was *Labidocera acutifrons*. In all three species allometric growth was observed. This is the first estimate of secondary production for zooplankton in the Mexican Central Pacific. Thus it should be extended to a larger number of taxa and for a wider seasonal space-time scale

Keywords: Copepods, Indicators, egg production rate, Central Pacific

Hernández-Trujillo, S. & G. Ma. Esqueda Escárcega. 2016. Tasa de producción de huevos de copépodos del Pacífico Central Mexicano. *CICIMAR Oceánides*: 1-6.

INTRODUCCIÓN

La producción secundaria marina puede definirse como la conversión por heterótrofos de energía asimilada derivada de los productores primarios en tejido corporal, o la cantidad de tejido (biomasa) acumulado por el zooplancton por unidad de tiempo. Así, la importancia del zooplancton como productor secundario está bien documentada (Irvine, 1995; Irvine & Waya, 1999), ya que es un enlace crítico de energía en las redes tróficas acuáticas al constituirse en la principal fuente de alimento para los peces.

Los copépodos pelágicos son una referencia adecuado para estimar la producción secundaria debido a sus elevadas abundancias y a que la duración de sus ciclos de vida es de pocos meses, lo que hace posible monitorear distintas características biológicas de su historia de vida. Sin embargo, en México las estimaciones de producción secundaria de zooplancton son escasas y se han llevado a cabo en el noroeste del Pacífico Mexicano (e.g., Hernández-Trujillo *et al.*, 2008; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1999; Palomares-García *et al.*, 2003), particularmente en el Golfo de California y en algunas de sus lagunas costeras (e.g., García-Pámanes & Lara-Lara, 2001; Esqueda-Escárcega *et al.*, 2013). En esta contribución se presenta la primera medición de producción secundaria en la zona oceánica frente a las costas de Guerrero, mediante la estimación de

la tasa de producción de huevos y la relación masa-longitud de tres especies de copépodos pelágicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

A bordo del B/O El Puma se efectuaron arrastres verticales (100 a 0 m) con una red cilíndrico-cónica de 1.5 m de longitud y malla filtrante de 333 µm para obtener especímenes vivos de copépodos, activos y sin daño; las recolectas para las incubaciones se llevaron a cabo en tres estaciones ubicadas frente a la costa de Guerrero (Fig. 1). En esas estaciones se utilizó un CTD SeaBird 19 plus para medir la temperatura y la fluorescencia (300 a 0 m). Una vez recuperada la red, en el laboratorio se seleccionaron hembras adultas de *Subeucalanus subcrassus* (Giesbrecht, 1888), *Eucalanus bungii* Giesbrecht, 1893, *Labidocera acutifrons* Dana, 1849, *Euchirella amoena* Giesbrecht, 1888, *Subeucalanus pileatus* (Giesbrecht, 1888), *Pseudodiaptomus euryhalinus* Johnson M.W. 1939 y *Centropages furcatus* (Dana, 1849); las especies fueron identificadas de acuerdo a Palomares-García *et al.* (1998). Las hembras adultas se colocaron por pares en frascos de incubación de 250 ml con agua de 10 m de profundidad, filtrándola a través de una malla de 50 µm a fin de excluir posibles contaminaciones con microzooplancton.

Para cada especie se hicieron cuatro lotes o experimentos con 5 réplicas. Las botellas se mantuvieron 24 horas en un contenedor a la temperatura

Fecha de recepción: 18 de marzo de 2016

Fecha de aceptación: 11 de mayo de 2016

registrada en la estación oceanográfica, la cual fue de 26°C para la estación PG, 29°C para la estación 46) y 29.2 °C en la estación 42A. 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 contaron los huevos de cada frasco y se midió la longitud del prosoma de cada una de las hembras; la TPH se calculó con la ecuación: $\text{TPH} = (E/Nf)/(24/t)$, donde E es el número de huevos producidos, Nf el número de hembras y $24/t$ el tiempo de incubación corregido a 24 horas (Hernández-Trujillo *et al.*, 2008). Para calcular el peso en $\mu\text{g C}$ se obtuvo la relación masa-longitud de las especies obtenida por Lavaniegos y Ohman (2007) y Hernández-Trujillo *et al.* (2013) con el modelo $M=aLP^b$, donde M es la masa en μg , LP es la longitud del prosoma en mm, a es el intercepto y b es el coeficiente alométrico (Durbin *et al.*, 1978). Las variaciones individuales de la relación entre la masa y longitud, suponen un cuerpo de forma ideal, donde el valor b es igual a 3 se analizan mediante el factor de condición $K = a \cdot (M/L^3)$, donde M es la masa en μgC , L = longitud del Prosoma (mm) y $a = 0.1$ (Hernández-Trujillo *et al.*, 2013)

RESULTADOS

Las condiciones ambientales de salinidad, temperatura y concentración de clorofila en las que se mantuvieron los ejemplares para las incubaciones fueron constantes durante el tiempo de las incubaciones (Tabla 1).

En total, se realizaron 28 experimentos de TPH utilizando un total de 280 hembras de las siete especies de copépodos recolectadas; la reproducción solo fue observada en tres de las siete especies empleadas en las incubaciones: *Labidocera acutifrons*, *Subeucalanus pileatus* y *Centropages furcatus* en las estaciones PG, 46A y 46, respectivamente (Fig. 1).

De las tres especies, *L. acutifrons* tuvo la mayor TPH, en promedio con $73.9 \text{ huevos} \cdot \text{hembra}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$, seguida de *S. pileatus* con $39.5 \text{ h} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ y *C. furcatus* con $36 \text{ h} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

La longitud del prosoma de *L. acutifrons* fluctuó entre 1.6 y 2.2 mm de longitud patrón, la de *S. pileatus* estuvo entre 1.8 y 2.5 mm, y la de *C. furcatus* entre 0.7 y 1.3 mm.

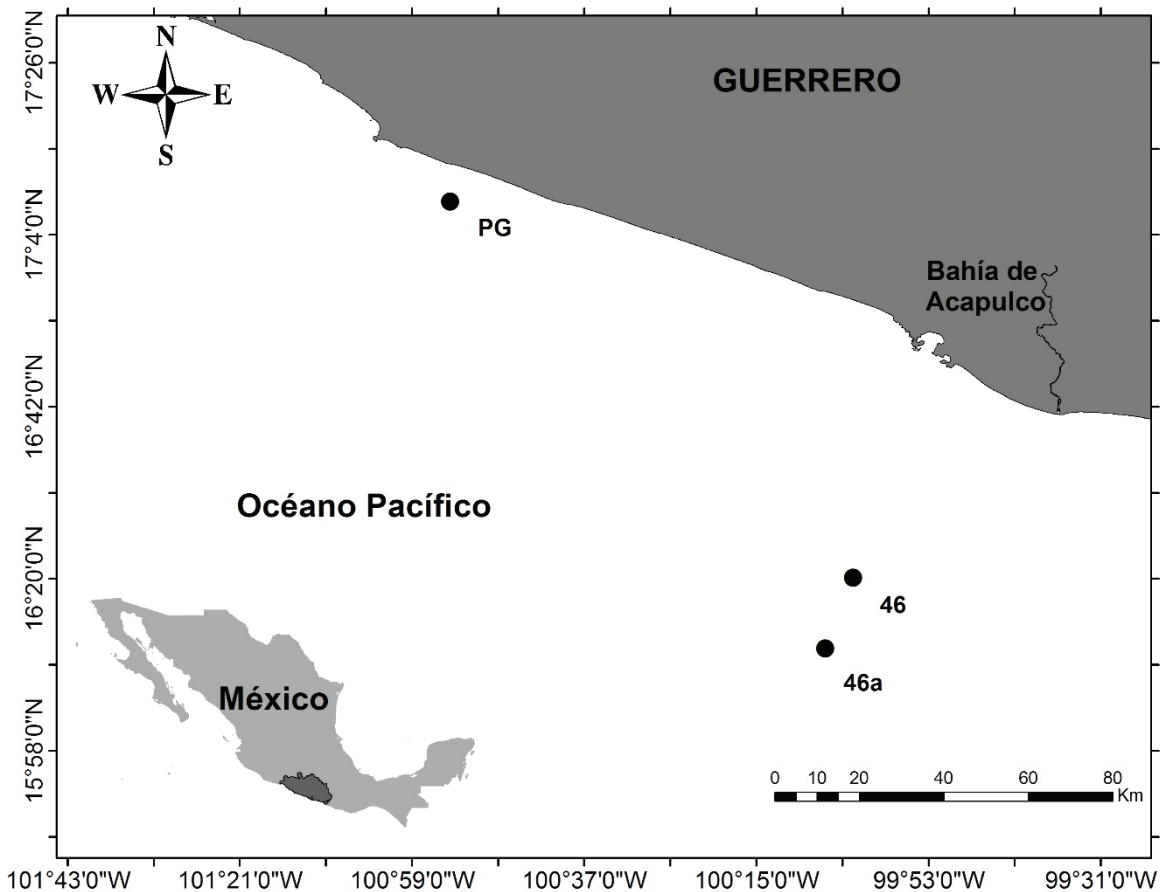


Figura 1. Ubicación de las estaciones oceanográficas en las que se llevaron a cabo las incubaciones.

Tabla 1. Tasa de producción de huevos (TPH: huevos·hembra⁻¹·día⁻¹) medida durante el crucero Marea Roja-VII, en abril de 2015. n= Número de experimentos con 5 réplicas. Temperatura superficial del mar, salinidad y clorofila a 10 m de profundidad. Min= Número mínimo de huevos, Max= Número máximo de huevos.

Especie	n	Min	Max	Promedio	Estación	TPH promedio	TSM (°C)	Salinidad (ups)	Clorofila (mg/m ³)
<i>Labidocera acutifrons</i>	4	13	66	37	PG	73.9	26	34.34	2
<i>Centropages furcatus</i>	4	6	26	19	46	36.0	29	34.08	0.2
<i>Subeucalanus pileatus</i>	3	0	65	27	46A	39.5	29.2	34.1	0.2

Los modelos empleados para calcular el peso de las hembras de *C. furcatus* y *L. acutifrons* fueron el propuesto por Hernández-Trujillo *et al.* (2013), y para *S. pileatus* el de Lavaniegos y Ohman (2007).

Estimaciones de parámetros específicos como longitud del prosoma fueron menores para *C. furcatus*, intermedios para *L. acutifrons*, y altos para *S. pileatus*; en contraste con el contenido de carbón en el que *L. acutifrons* fue el mayor y *C. furcatus* el menor. Esta última característica tiene correspondencia con el valor promedio del factor de condición (Tabla 2). La relación masa-longitud para cada especie tuvo coeficientes de determinación significativos ($p < 0.05$) de entre 0.63 y 1.

DISCUSIÓN

La tasa de producción secundaria es la estimación de la cantidad de zooplancton como alimento disponible en la red trófica marina y puede ayudar a determinar la capacidad de carga de un ecosistema e incluso de una pesquería (George & Harris, 1985; Kalf, 2002). El zooplancton es por lo tanto fundamental para el crecimiento óptimo, el desarrollo y la supervivencia de los estadios larvarios y juveniles de poblaciones importantes desde el punto de vista ecosistémico. Sin embargo, los indicadores y parámetros de la producción y reproducción del zooplancton han sido escasamente abordados a pesar de la influencia que el zooplancton tiene en la red trófica (Kalf, 2002; George & Harris, 1985). Así, el parámetro reproductivo de las especies de copépodos indica que la TPH de *L. acutifrons* fue hasta 500% más alta que la reportada en otras regiones donde se encuentra la especie (Tabla 3). *L. acutifrons* se encuentra en ambientes oceánicos tropicales y subtropicales del Atlántico, Pacífico e Índico (Bradford-Grieve *et al.*, 1999) y esta es la primera estimación conocida de TPH para la especie en esta zona del Pacífico mexicano.

Para *S. pileatus* también es la primera vez que se obtiene una estimación de TPH en la zona de

estudio; es una especie epiplanctónica que se encuentra en ecosistemas subtropicales y tropicales de todo el mundo en hábitats costeros, neríticos (Bradford-Grieve 1994) y ahora se confirma que también en el ambiente oceánico.

En el caso de *C. furcatus* existen varias estimaciones de TPH en varias regiones marinas y puede observarse que la TPH obtenida en la zona de estudio es hasta más del 500% más alta que la reportada por la literatura (Tabla 2). Es una especie epipelágica, de ambientes costeros y de distribución cosmopolita (Razouls *et al.*, 2012).

La mayoría de los estudios de producción de huevos se han llevado a cabo con especies de latitudes templadas y subárticas (Mauchline 1998), por lo que la mayor parte de la literatura omite especies subtropicales, tropicales o cosmopolitas. Sin embargo, esta primera aproximación parece ser consistente con el principio de que en los ambientes tropicales los niveles de abundancia y biomasa son menores que en los templados y subárticos (Fager & McGowan 1963).

El estudio de las relaciones longitud-peso y los índices de condición proporcionaron información indirecta sobre el crecimiento, madurez, reproducción, nutrición y por ende del estado de salud de las especies de copépodos. De tal modo, estas características pueden ser utilizadas para monitorear y predecir potenciales cambios en poblaciones cuando los hábitats se perturban, como en el caso del fenómeno de El Niño o por causas antropogénicas. En este estudio se ha detectado que, como en otros taxa, las especies presentaron aumento en el grosor corporal, proporcional a la talla, durante el crecimiento (Froese, 2006; Hernández-Trujillo *et al.*, 2013).

Otro de los parámetros de la producción secundaria de los copépodos es el factor de condición (K) que es utilizado para comparar temporal y estacionalmente la “condición” o “bienestar” de una población, basándose en que los ejemplares de mayor

Tabla 2. Promedio de longitud de prosoma (mm), masa de carbón, factor de condición (K) ± DesvStd, N= # hembras

Especie	Prosoma	µg C	K	N
<i>Labidocera acutifrons</i>	1.93±0.11	68.72±2.23	0.96±0.13	20
<i>Centropages furcatus</i>	1.13±0.12	3±0.44	0.26±0.06	15
<i>Subeucalanus pileatus</i>	2.17±0.19	42.6±9.6	0.41±0.02	20

Tabla 3. Estimaciones de TPH en otras regiones marinas. TSM =Temperatura de incubación en °C

Especie	TPH	TSM	Localidad	Referencia
<i>Labidocera acutifrons</i>	13.6 – 39.7	16-17	Norte Sistema Corriente Benguela	Ekau <i>et al.</i> (2008)
	73.9	26	Guerrero, México.	Este trabajo
<i>Centropages furcatus</i>	15.3	22	Bahía de La Paz, México	Hernández-Trujillo <i>et al.</i> (2008)
	7.7	25	Mar de Andaman, Tailandia	Satapoomin <i>et al.</i> (2004)
	5.4	28-30	Golfo de México	Checkley <i>et al.</i> (1992)
	18.8	22-25	Golfo de California	Palomares-García <i>et al.</i> (2013)
	13.3	21	Bahía Magdalena, México.	Gómez-Gutiérrez <i>et al.</i> (2009)
	36	29	Guerrero, México.	Este trabajo
<i>Subeucalanus pileatus</i>	39.5	29	Guerrero, México.	Este trabajo

peso a una determinada longitud presentan una mejor condición (Froese, 2006); aunque el valor de K puede depender de factores como la disponibilidad de alimento (Rennie & Verdon 2008), época del año (Blackwell *et al.*, 2000; Trudel *et al.*, 2005) o sus relaciones interespecíficas e intraespecíficas, entre otras. Los valores altos de K se asocian a los ciclos reproductivos que en los copépodos pelágicos van del orden de dos semanas a dos meses (Mauchline 1998), por lo que la frecuencia de puesta es variable y el estado de condición es una medida indirecta del estado fisiológico de las hembras cuando están liberando los huevos, o cuando han iniciado su recuperación para el siguiente ciclo.

En el caso de *C. furcatus* cabe señalar que los valores de K estimados en primavera de 2003 en Bahía de La Paz son 58% superiores a los estimados en la zona de estudio para la misma época del año y que en otoño de 2010; en la laguna de La Paz el valor de K aumentó a 70% (Hernández-Trujillo *et al.*, 2008, 2013). Sin duda, un primer factor involucreado en estas diferencias es la temperatura a la que se hicieron las incubaciones, ya que en la zona de estudio fue de 26 y 29°C, en tanto que en el resto de las localidades en las que se han efectuado estudios de TPH de la especie, el intervalo de temperatura es menor (Tabla 3).

Esta es la primera ocasión que en la zona de estudio se estiman la TPH, la relación masa-longitud y el factor de condición para copépodos pelágicos. Estas deben ampliarse a un mayor número de taxa a una escala temporal-espacial estacional para establecer una línea base a partir de la cual utilizar esos indicadores y sus parámetros como recurso de análisis de la salud del ecosistema oceánico

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional por financiar parcialmente las actividades de logística del muestreo a través del proyecto SIP 20150682. A los participantes en el crucero oceanográfico Marea Roja

VII, a la tripulación de El Puma y al proyecto “Fitoplancton tóxico y nocivo del Pacífico tropical mexicano: caracterización de las especies y comunidades, y variables ambientales asociadas a los eventos tóxicos y nocivos” del IMCyL-UNAM por su invitación a participar en el estudio del zooplancton. Los autores son becarios de la COFAA y EDI del IPN.

REFERENCIAS

- Bird D.F. & Y.T. Praire. 1985. Practical guidelines for the use of zooplankton length-weight regression equations. *J. Plankton Res.*, 7: 955-960.
- Blackwell, B., T. Seamans, D. Helon & R. Dolbeer. 2000. Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin*, 28(1): 70-75.
- Bradford-Grieve, J. M. 1994. *The marine fauna of New Zealand: Pelagic Copepoda: Megacalanidae, Calanidae, Paracalanidae, Mecynoceridae, Eucalanidae, Spinocalanidae, Clausocalanidae*. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, Nueva Zelanda. 160 p.
- Bradford-Grieve, J.M., E.L. Markhaseva, C.E.F. Rocha & B. Abiahy. 1999. Copepoda. In: Boltovskoy, D. (Ed.), *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 869-1098
- Checkley, D. M., M.J. Dagg & S. Uye. 1992. Feeding, excretion, and egg production by individuals and populations on the marine, planktonic copepods, *Acartia* spp. and *Centropages furcatus*. *Journal of Plankton Research*, 14(1):71-96
- Christou, E.D. & G.C. Verriopoulos. 1993. Length, weight and condition factor of *Acartia clausi* (Copepoda) in the Eastern Mediterranean. *Journal Marine Biology Association United Kingdom*. 73: 343-353.

- Durbin, E.G. & A.G. Durbin. 1978. Length and weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, R.I. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 958-969.
- Esqueda-Escárcega, G.M., S. Hernández-Trujillo, G. Aceves-Medina, S. Futema-Jiménez & J. R. Hernández-Alfonso. 2013. Pastoreo del microzooplancton en la Ensenada de la Paz, B.C.S., México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3): 545-557,
- Ekau W., H. Auel, K. Barz, M. Birkicht, S. Bröhl, C. Buchholz, F. Bucholz, A. Denda, L. Franceschinis, J. Frost, W. Hagen, A. Kunzmann, L. Lehnhoff, A. Miggel, F.J. Sartoris, S. Schiel, I. Schuffenhauer, J. Schulz, A. da Silva & H. Verheye. 2008. Productivity and Life Cycles of Plankton and Nekton in the Coastal Upwelling Area of the Benguela Shelf – Trophic and Physical-Chemical Control Mechanisms. *Part 3. The Northern Namibian Benguela Upwelling System*. Cruise Report No.07, Leg 2 – 3, Bremen/Hamburg University, 93 p.
- Fager, E.W. & J.A. McGowan. 1963. Zooplankton species groups in the North Pacific. *Science*. 140(3566): 453-460.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-253.
- García-Pámanes, J. & J.R. Lara-Lara. 2001. Pastoreo por el microzooplancton en el golfo de California. *Ciencias Marinas*. 27(1): 73-90.
- George, D.G. & G.P. Harris. 1985. The effect of climate on long term changes in the crustacean zooplankton biomass of Lake Windermere, UK. *Nature*, 316: 536-539.
- Gómez-Gutiérrez, J., R. Palomares-García, R. De Silva-Dávila, M. A. Carballido-Carranza & A. Martínez-López. 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México. *Journal of Plankton Research*, 21(12): 2227-2244
- Hernández-Trujillo S., A. Zárate-Villafranco, R. Pacheco-Chávez, G.M. Esqueda-Escárcega, J.R. Hernández-Alfonso & 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.
- Hernández-Trujillo S, G.M. Esqueda-Escárcega & S. Futema-Jiménez. 2013. Prediction Models of Copepods Biomass from the Mass-Length and Carbon Content-Length Relationship. *J. Mar. Biol. Oceanogr.*, 2: 4.
- Hernández-Trujillo S., G. M. Esqueda-Escárcega, S. Futema-Jiménez & R. Funes- Rodríguez. 2014. Relación peso-longitud de *Labidocera diandra* y *Labidocera johnsoni* (Calanoida: Pontellidae). *Hidrobiológica*, 24 (3): 303-306.
- Irvine, K. 1995. Standing biomasses, production, spatial and temporal distributions of the crustacean zooplankton. *The Fishery Potential and Productivity of the Pelagic Zone of Lake Malawi/Niassa*. Scientific Report of the UK/SADC Pelagic Fish Resource Assessment Project, 69-83.
- Irvine, K. & R. Waya. 1999. Spatial and temporal patterns of zooplankton standing biomass and production in Lake Malawi. *Hydrobiology*, 407: 191-205.
- Kalff, J. 2002. *Limnology, Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lavaniegos, B. & M. Ohman. 2007. Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Progress in Oceanography*, 75(1): 42-69
- Mauchline, J. 1998. The Biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology*, Academic Press, 710 p.
- Palomares-García R., E. Suárez-Morales & S. Hernández-Trujillo. 1998. Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano. Editorial y Litografía Regia de los Ángeles S. A. México D.F. 352p
- Palomares-García, R., A. Martínez & R. De Silva. 2003. Winter egg production rate of four calanoid copepod species in Bahía de la Paz, Mexico. 139-152, *In: M.E. Hendrix (Ed.) Contributions to the study of the East Pacific Crustaceans 2*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM.
- Palomares-García R., J. Gómez-Gutiérrez, E. Kozak, C. Franco-Gordo & C. J. Robinson. 2013. Producción de huevos y distribución vertical de *Centropages furcatus* (Copepoda) en zonas oceánicas del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 23 (2): 187-197
- Razouls C., de Bovée F., J. Kouwenberg & N. Desreumaux. 2005-2012. *Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods*. Available at <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>
- Rennie, M.D. & R. Verdon. 2008. Evaluation of condition indices for the lake white fish, *Core-*

gonus clupeaformis. *North American Journal of Fisheries Management*, 28:1270-1293.

Satapoomin, S., T. G. Nielsen & P. J. Hansen. 2004. Andaman Sea copepods: spatio-temporal variations in biomass and production, and role in the pelagic food web. *Marine Ecology Progress Series*, 274: 99–122

Trudel, M., S. Tucker, J. Morris, D. Higgs & D. Welch, D. 2005. Indicators of energetic status in juvenile coho and Chinook salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 25: 374-390.