

**PORCIENTO DE ECLOSION, PRODUCCION DE HUEVOS Y
TIEMPO DE DESARROLLO DE *Acartia californiensis* TRINAST
(COPEPODA: CALANOIDA)
BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

**HATCHING SUCCESS, EGG PRODUCTION AND
DEVELOPMENT TIME OF *Acartia californiensis* TRINAST
(COPEPODA: CALANOIDA)
UNDER LABORATORY CONDITIONS**

Antonio Trujillo-Ortíz*

Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada (CICESE)
División de Oceanografía, Departamento de Ecología Marina
Apartado Postal 2732, Ensenada, Baja California, México

* Dirección Actual: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453, Ensenada, Baja California, México

Trujillo-Ortíz, A. (1990). Porciento de eclosión, producción de huevos y tiempo de desarrollo de *Acartia californiensis* Trinast (Copepoda: Calanoida) bajo condiciones de laboratorio. Hatching success, egg production and development time of *Acartia californiensis* Trinast (Copepoda: Calanoida) under laboratory conditions. Ciencias Marinas, 16(1): 1-22.

RESUMEN

Se realizaron experimentos bajo condiciones de laboratorio a $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35^{\circ}/_{00}$ para investigar el porciento de eclosión, producción de huevos y tiempo de desarrollo del copépodo calanoido marino *Acartia californiensis* Trinast. Especímenes de *A. californiensis* fueron colectados en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. Esta especie presentó un porcentaje promedio de eclosión del $96\% \pm 3.2$ SD durante el período experimental. La producción promedio de huevos varió de 24.75 ± 1.95 SD huevos-hembra⁻¹.día⁻¹ (n=100 hembras, t=1 día) a 27.35 ± 5.92 SD huevos-hembra⁻¹.día⁻¹ (n=2 hembras, t=10 días). El tiempo de desarrollo fue de 17.75 días, desde huevo hasta adulto (CVI). Los resultados muestran gran concordancia con otros realizados con la misma especie en regiones de la costa este del Pacífico norte. *A. californiensis* mostró ser una especie fácil de cultivar y mantener en el laboratorio.

ABSTRACT

Experiments of hatching success, egg production and development time of the marine calanoid copepod *Acartia californiensis* Trinast were conducted under laboratory conditions at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}/_{00}$. Specimens of *A. californiensis* were collected in the Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico. The species had an average of $96\% \pm 3.2$ SD hatching success during the experimental period. Average egg production varied from 24.75 ± 1.95 SD eggs-female⁻¹.day⁻¹ (n=100 females, t=1 day) to 27.35 ± 5.92 SD eggs-female⁻¹.day⁻¹ (n=2 females, t=10 days). Development time was 17.75 days from egg to adult (CVI). The results show great concordance with those in other studies carried out with the same species in regions of the northern Pacific coast. *A. californiensis* proved to be a species easy to rear and to keep in the laboratory.

INTRODUCCION

Los copépodos son los Metazoarios más abundantes en el mar (Vinogradov, 1970). Debido a que constituyen la principal ruta del flujo de energía entre los productores primarios y los niveles tróficos superiores (Frost, 1972; Conover, 1978), se le ha dado especial atención a sus aspectos experimentales y de cultivo.

Acartia es el único género en la familia Acartiidae. Se han descrito cerca de 79 especies y no se duda que aún se puedan describir nuevas especies. Este género está ampliamente distribuido y registrado en todos los océanos (Subbaraju, 1967). Los copépodos calanoideos pertenecientes a este género frecuentemente se presentan en aguas costero-estuarinas (Uye, 1982).

Acartia californiensis (Subgénero *Acanthacartia*: grupo Rostrata de Steuer, 1923) fue descrita por Trinast (1976). Es una especie endémica del Pacífico nororiental y aparentemente restringida a aguas estuarinas y costeras.

Existen muy pocos estudios relacionados a la biología de *Acartia californiensis*. Pace (1978) estudió su distribución, abundancia, crecimiento y fecundidad en Elkhorn Slough en la Bahía de Monterey, California; Johnson (1981) estudió su dinámica poblacional y la persistencia de cohortes en la Bahía de Yaquina, Oregon, y Trujillo-Ortiz (1986) describió por primera vez su ciclo de vida completo bajo condiciones de laboratorio a partir de especímenes procedentes del Estero de Punta Banda, Baja California, México.

En los estudios anteriores se encontró que, de manera general, *Acartia californiensis* dominaba los ensamblajes zooplanctónicos de las áreas estuarinas bajas. Los ciclos estacionales en las distribuciones y abundancias en la Bahía de Yaquina, Oregon, fueron similares durante el período de estudio y caracterizados por cohortes persistentes bien definidas (seis al año) a lo largo de junio-noviembre (1972, 1973 y 1974). Los parámetros poblacionales tales como las tasas de crecimiento, fecundidad y mortalidad pudieron haber sido afectadas por la temperatura. Los tiempos generacionales de las poblaciones de *A. californiensis*

INTRODUCTION

Copepods are the most abundant Metazoa in the sea (Vinogradov, 1970). Because they constitute the major pathway for the energy flux between primary producers and higher trophic levels (Frost, 1972; Conover, 1978), more attention has been given to their culturing and experimental aspects.

Acartia is the only genus in the family Acartiidae. It contains about 79 described species and undoubtedly new species are yet to be described. This genus is widely distributed and recorded in all oceans (Subbaraju, 1967). Calanoid copepods belonging to this genus commonly occur in estuarine-coastal waters (Uye, 1982).

Acartia californiensis (Subgenus *Acanthacartia*: group Rostrata of Steuer, 1923) was described by Trinast (1976). It is endemic to the northeastern Pacific and apparently restricted to estuaries and coastal waters.

There are very few studies related to the biology of *Acartia californiensis*. Pace (1978) studied its distribution, abundance, growth and fecundity in Elkhorn Slough in Monterey Bay, California; Johnson (1981) studied its population dynamics and cohort persistence in Yaquina Bay, Oregon; and Trujillo-Ortiz (1986) described for the first time its entire life cycle under laboratory conditions from specimens of Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico.

In the foregoing studies it was generally found that *Acartia californiensis* dominated the zooplankton assemblages in lower estuarine areas. Seasonal cycles in distributions and abundances in Yaquina Bay, Oregon, were similar during the period of study and characterized by well-defined, persistent cohorts (six each year) through June-November (1972, 1973 and 1974). Population parameters such as rates of growth, fecundity and mortality may be affected by temperature. The generation times of Elkhorn Slough and Yaquina Bay populations of *A. californiensis* were 10-10.5 days (21°C) and 7.16 days (25.5°C and 34.40/°C), respectively. Predicted development (Bélehrádek temperature function) was either slightly longer than or equal to ob-

de Elkhorn Slough y Bahía de Yaquina fueron de 10.0-10.5 días (21°C) y 7.16 días (25.5°C y 34.4‰/00), respectivamente. El tiempo de desarrollo predicho (a través de la ecuación de Bélehrádek en función de la temperatura) fue ligeramente mayor o igual al observado. Se concluyó que la competencia con otras especies del género *Acartia*, tales como *A. tonsa* y *A. clausi*, era insignificante debido a las diferencias en las posiciones de los centros de población en el estero, fisiología y, probablemente, al comportamiento del pastoreo en un medio ambiente donde el alimento no se considera limitante, lo cual las hace mutuamente excluyentes. Sin embargo, es probable que *A. clausi* capture, diariamente, una parte significativa de nauplios de *A. californiensis*. Los ciclos de abundancia de los adultos fueron controlados, principalmente, por una intensa predación selectiva en el tamaño por planctívoros visuales, tales como la anchoveta norteña *Engraulis mordax*. Los resultados en la eclosión de huevos en reposo colectados en el campo, bajo combinaciones controladas de temperatura y salinidad similares a las naturales, demostraron que la terminación del estado latente dependía principalmente de la temperatura, y que la salinidad controlaba la tasa y el éxito de la eclosión. Además de que la máxima tasa de mortalidad de nauplios se presentaba después de una eclosión en bajas salinidades. En el campo, se puede presentar una considerable eclosión de huevos la mayor parte del año debido a que la sobrevivencia y crecimiento poblacionales subsecuentes dependen de condiciones favorables de temperatura. Los nauplios que hubieran eclosionado durante los meses de invierno y primavera en la Bahía de Yaquina, se pierden. Este fenómeno es conocido como una población diapáusica "fugaz".

Zimmerman (1972), Frolander *et al.* (1973), Johnson (1974), Johnson y Miller (1974), y Miller *et al.* (1977) ya habían trabajado con *Acartia californiensis*, pero debido a su gran parecido a *A. tonsa* y dado que aún no había sido descrita como una nueva especie, la confundieron con *A. tonsa*. La consideraron una variante ecofenotípica pequeña de *A. tonsa* oceánica, más grande y presente en la contracorriente de Davidson durante el invierno. En otros estudios Trinast (1975) la llamó *Acartia* n.sp., y Uye y Fleminger (1976) *Acartia* sp.1.

served development time. Competition with other species of the genus *Acartia* such as *A. tonsa* and *A. clausi* was concluded to be insignificant because of differences in position in the estuary of population centers, physiology, and probably grazing behavior in an apparently non-limiting food environment which make them mutually exclusive. However, *A. clausi* probably captures a significant fraction of *A. californiensis* nauplii daily. Abundance cycles of adults were primarily controlled by intense, size-selective predation by visual planktivores (e.g. *Engraulis mordax*). Hatching results of field-collected resting eggs at naturally occurring temperature-salinity combinations demonstrate that termination of dormancy is also primarily temperature dependent. Salinity, however, regulates rate and success of hatching. In addition, heavy naupliar mortality occurs following hatching at low salinities. Substantial hatching may occur in the field over much of the year. Since subsequent survival and population growth depend on the presence of favorable temperature conditions, nauplii which hatch during the winter and spring months in Yaquina Bay must be lost. This phenomenon is viewed as a "leaky" population diapause.

Zimmerman (1972), Frolander *et al.* (1973), Johnson (1974), Johnson and Miller (1974) and Miller *et al.* (1977) had already worked with *Acartia californiensis*, but because of its close resemblance to *A. tonsa*, and because it had not yet been described as a separate species, they mistook it for *A. tonsa*. They considered it a smaller ecofenotypic variant of the longer offshore *A. tonsa* present in the northerly Davidson current during the winter. In other studies Trinast (1975) called it *Acartia* n.sp., and Uye and Fleminger (1976) *Acartia* sp. 1.

Because of the similarity in appearance of *Acartia californiensis* to *A. tonsa*, a survey of characters (the length to width ratio of the genital segment for females and the length to width ratio of the second urosomal segment for males) was done by Dawson (1980) in order to obtain an easily used and reliable way of differentiating between the species.

Acartia californiensis has also been recorded in San Pedro Bay (Dawson and Knatz, 1980; Soule and Oguri, 1980a), Marina

Debido al parecido de *Acartia californiensis* con *A. tonsa*, Dawson (1980) realizó una investigación de caracteres (como la razón longitud-ancho del segmento genital de las hembras y la razón longitud-ancho del segundo segmento del urosoma en los machos) con el propósito de obtener una manera fácil y confiable de diferenciarlas.

Acartia californiensis también ha sido registrada en la Bahía de San Pedro (Dawson y Knatz, 1980; Soule y Oguri, 1980a), Marina del Rey (Soule y Oguri, 1980b), y Bahía de San Francisco (Ambler *et al.*, 1985) en la costa de California.

Es probable que la nueva especie de *Acartia* (*A. bacorehuisensis*) de aguas de la laguna costera de Agiabampo, Sonora, México (26°15'N y 109°15'W) descrita por Zamora-Sánchez y Gómez-Aguirre (1985) pudiera ser, de acuerdo a la comparación de los caracteres morfoanatómicos presentados por Trinast (1976) y Trujillo-Ortiz (1986), una sinonimia de *A. californiensis* (Trujillo-Ortiz, en preparación). Brinton *et al.* (1986) mencionan (p. 243) que en la boca de la Laguna de Yavaros (una laguna costera en Sonora, México, 26°40'N y 109°30'W), donde las aguas son más del Golfo de California, predominaba la especie tropical *A. lilljeborgi*, seguida por la especie *Acartia* sp. (posiblemente *A. tonsa* o una especie parecida a *A. californiensis*). Esto pudiera indicar que la distribución geográfica de *A. californiensis* probablemente se extienda a regiones costeras del sur del Golfo de California.

El propósito de este trabajo es el de describir el porciento de eclosión, la producción de huevos y el tiempo de desarrollo de *Acartia californiensis* Trinast bajo condiciones de laboratorio (17°C ± 1°C y 35°/00) a partir de especímenes colectados en el Estero de Punta Banda, Baja California, México, y comparar los resultados con los de experimentos realizados en otras regiones, tanto *in situ* y/o laboratorio, y observar si existen diferencias en los parámetros respecto a la latitud.

del Rey (Soule and Oguri, 1980b) and San Francisco Bay (Ambler *et al.*, 1985) on the California coast.

It is possible that the new species of *Acartia* (*A. bacorehuisensis*) described by Zamora-Sánchez and Gómez-Aguirre (1985) from waters of the coastal lagoon of Agiabampo, Sonora, Mexico (ca. 26°15'N and 109°15'W), could be synonymous with *A. californiensis* (Trujillo-Ortiz, in preparation) according to morpho-anatomical characters compared with those presented by Trinast (1976) and Trujillo-Ortiz (1986). Brinton *et al.* (1986) mentioned (p. 243) that at the mouth of Laguna de Yavaros (a coastal lagoon in Sonora, Mexico; ca. 26°40'N and 109°30'W), where waters were most gulflike, the tropical *A. lilljeborgi* predominated, followed by *Acartia* sp. (possibly *A. tonsa* or a species close to *A. californiensis*). This could indicate that the geographic distribution of *A. californiensis* probably extends to the south coastal regions of the Gulf of California.

The purpose of this paper is to describe the hatching success, egg production and the development time of *Acartia californiensis* Trinast under laboratory conditions (17°C ± 1°C and 35°/00) from specimens collected from waters of Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico, and to compare the results with those from similar experiments carried out, both in the laboratory and/or *in situ*, in other regions to see if there are differences with latitude in these parameters.

MATERIALS AND METHODS

Sampling site

Adult specimens of *Acartia californiensis* of both sexes were collected from the head and center of Estero de Punta Banda (Fig. 1). The estuary is a coastal lagoon located between 31°42'-31°47'N and 116°37'-116°40'W at the southwestern end of Bahía de Todos Santos, about 13km south of the city of Ensenada on the Pacific coast of Baja California, Mexico.

Collection of samples

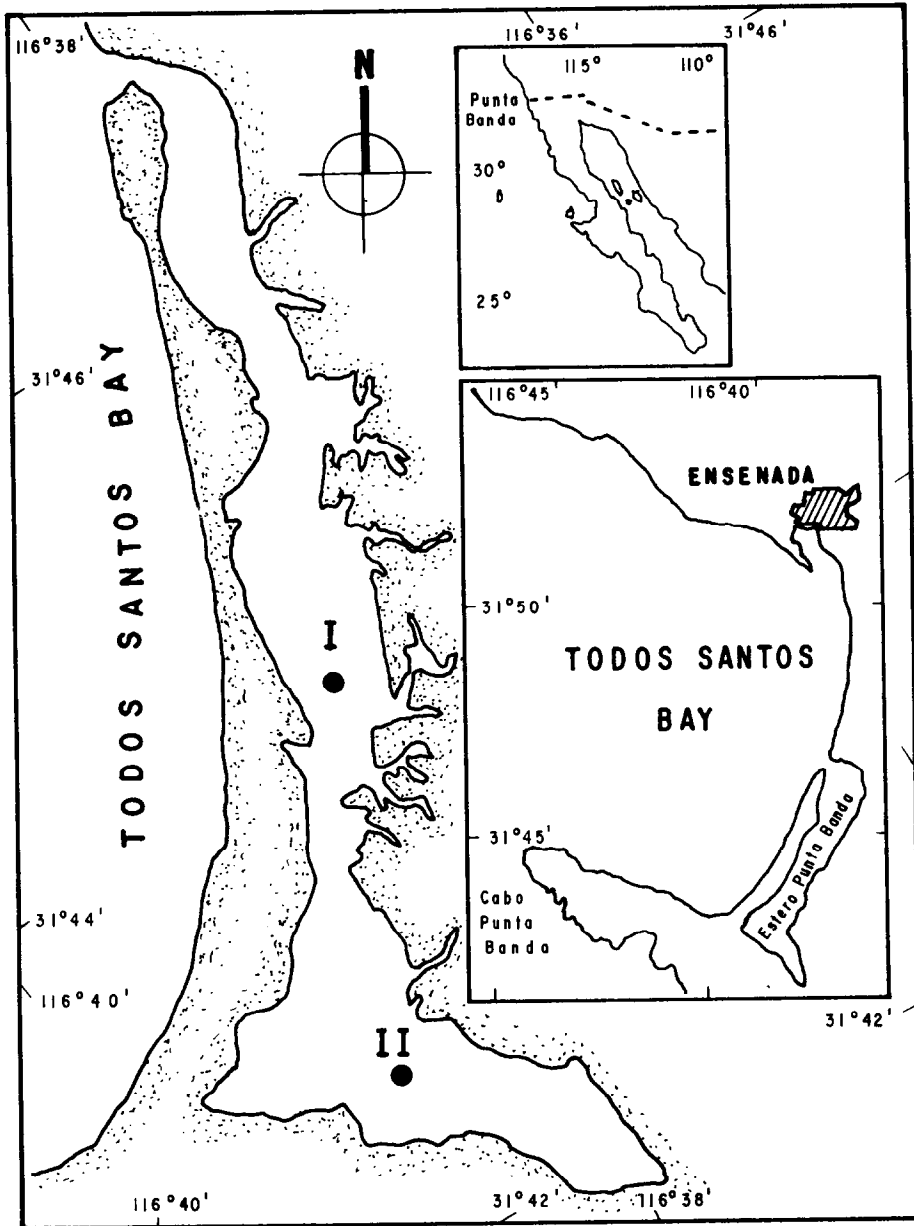


Figura 1. Localización del Estero de Punta Banda en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Los números I y II indican las dos estaciones de muestreo donde fueron colectados los adultos de *Acartia californiensis*.

Figure 1. Location of Estero de Punta Banda in Bahía de Todos Santos, Baja California, Mexico. Numerals I and II indicate the two sampling stations where *Acartia californiensis* adults were taken.

MATERIALES Y METODOS

Area de trabajo

Especímenes adultos de *Acartia californiensis* de ambos sexos fueron colectados tanto en la cabeza como en el centro del Estero de Punta Banda (Fig. 1). El estero es una laguna costera localizada entre los 31°42'-31°47'N y 116°37'-116°40'W en la parte terminal suroeste de la Bahía de Todos Santos, a unos 13km al sur de la ciudad de Ensenada en la costa del Pacífico de Baja California, México.

Colecta de las muestras

El muestreo zooplanctónico se realizó con una red estándar de plancton de 0.5m de diámetro provista con una malla (Nitex) monofilamentosa de 202 μm arrastrada oblicuamente durante tres minutos a una velocidad de 1-2 nudos en dos estaciones localizadas en el canal principal del estero (Fig. 1). Los arrastres fueron circulares, con la red a un lado de la embarcación para evitar el disturbio del agua causado por la propela del motor. Cada muestreo se realizó a unos 30cm por arriba del fondo hacia la superficie.

Del 5-7 de febrero de 1983, en cada estación se realizaron dos muestreos. Una muestra se conservó viva y la otra se fijó con una solución de formol al 5% amortiguada con borato de sodio (borax) para su análisis posterior. Las muestras vivas se colocaron en hieleras termo que contenían agua del lugar de colecta a la que se le agregaron 37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de EDTA (Bernhard, 1957; Carrillo Barrios-Gómez *et al.*, 1974; Azcárate-Capriles, 1981) y 6.25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de penicilina G sódica (Neunes y Pongolini, 1965; Azcárate-Capriles, 1981), con el propósito de que el zooplancton colectado se mantuviera en buenas condiciones durante su traslado al laboratorio.

Una vez en el laboratorio, el zooplancton vivo se transfirió a una serie de vasos de precipitado de 500ml conteniendo agua de mar filtrada (AMF). Debido a que *Acartia californiensis* presenta fototactismo positivo, se utilizó una lámpara de mano para concentrarlos y capturarlos. Se tomaron alícuotas en cajas de Petri. Con el propósito de facilitar la identificación y separación de adultos (hem-

Zooplankton sampling was done using a 0.5-m diameter standard plankton net with a 202- μm -mesh monofilament screen cloth (Nitex) hauled obliquely for three minutes at 1-2 knots at the two stations placed in the main channel in the estuary (Fig. 1). Hauls were circular, with the net beside the boat in order to avoid water disturbance caused by the propeller. Each sampling was made from about 30cm above the bottom to the surface.

On February 5-7, 1983, two hauls were performed at each station. One sample was kept alive, and the other was preserved with 5% formaldehyde buffered with sodium borate (Borax) for subsequent analysis. Live samples were placed in ice chests containing water from the collecting site, 37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ EDTA (Bernhard, 1957; Carrillo Barrios-Gómez *et al.*, 1974; Azcárate-Capriles, 1981) and 6.25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ sodium penicillin G (Neunes and Pongolini, 1965; Azcárate-Capriles, 1981) were added to the water samples to keep the zooplankton healthy during transport to the laboratory.

In the laboratory, live zooplankton were transferred into a series of 500-ml beakers containing fresh filtered sea water (FSW). Because *Acartia californiensis* is positively phototactic, a flashlight was used to concentrate them for separation. Aliquots were transferred to glass Petri dishes. A few drops of 0.1% MS-222 (tricaine methanesulphonate) marine solution were added to the dishes to anesthetize the organisms to stop their activity; this facilitated identification and isolation of adults (males and females). Selected specimens were placed into 1000-ml beakers containing UV-sterilized sea water previously filtered (FSW) in 3-, 5- and 10- μm polypropylene Kuno cartridges; 37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ of EDTA were added.

Egg production experiments

To observe the egg production of *Acartia californiensis*, two series of experiments were conducted. In one, 20 fertilized females (with spermatophore) were placed into each of five 1000-ml beakers containing FSW and maintained on a 12H:12H light-dark cycle. Illumination was provided by 75W fluorescent cool-white tubes. During the experiment, laboratory temperature was kept

bras y machos), los organismos se anestesiaron para detener su movilidad agregando unas cuantas gotas de una solución marina de MS-222 (metanesulfonato de triclaína) al 0.1%. Los especímenes seleccionados se colocaron en vasos de precipitado de 1000ml que contenían AMF a través de cartuchos de polipropileno Kuno de 3, 5 y 10 μm ; así como 37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de EDTA.

Experimentos para la producción de huevos

Con el propósito de cuantificar la producción de huevos de *Acartia californiensis* se realizaron dos series de experimentos. En uno se colocaron 20 hembras fertilizadas (con espermatóforo) en cada uno de los cinco vasos de precipitado de 1000ml conteniendo AMF y mantenidos en un ciclo luminoso-oscuro de 12H:12H. La iluminación era aportada por lámparas fluorescentes de luz blanca-fría de 75W. Durante todo el período experimental el laboratorio se mantuvo a una temperatura constante de $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Como alimento se proveyó una mezcla, en partes iguales, del crisomónado *Isochrysis tahitiana* y del microflagelado *Tetraselmis* sp. a una concentración de 7.5×10^4 células- ml^{-1} , que eran mantenidas en el medio de cultivo "f/2" de Guillard (1975). Después de 24 horas, el contenido de los vasos de precipitado se fijaba con formol al 5% amortiguado con borato de sodio. Luego se procedía a cuantificar el número de huevos presentes.

En el segundo experimento, bajo las mismas condiciones de alimento y laboratorio, se colocaba una sola hembra fertilizada en cada uno de dos vasos de precipitado de 50ml. El agua era totalmente cambiada cada tres días. Diariamente y por un período de 10 días, con el auxilio de una pipeta Pasteur, los huevos se extraían y se contaban. La concentración del alimento se medía cada dos días. Con el propósito de mantener la concentración del alimento, se utilizaba un hematocitómetro Fuchs-Rosenthal para contar las células fitoplanctónicas de acuerdo al método de Corkett y Urry (1968).

Experimento para el porciento de eclosión

Bajo las mismas condiciones que el experimento anterior, se colocaron un total de 250 huevos fertilizados (de hembras con es-

constant at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. An equal mixture of the chrysomonad *Isochrysis tahitiana* and the microflagellate *Tetraselmis* sp. was provided, concentrated at 7.5×10^4 cells- ml^{-1} . Food was kept in the "f/2" Guillard's (1975) culturing medium. After 24 hours the content of the beakers was preserved with 5% formaldehyde buffered with sodium borate. The number of eggs present was then quantified.

In the second experiment, under the same laboratory and food conditions, a single fertilized female was placed in each of two 50-ml beakers. Water was changed every three days. The eggs were removed and counted daily for a 10 day period using a Pasteur pipette. Food concentration was measured every two days. A Fuchs-Rosenthal hemocytometer was used to count the cells in order to maintain the desired food concentration following the method of Corkett and Urry (1968).

Hatching success experiment

A total of 250 fertilized eggs (from females with spermatophore) were placed into five 50-ml beakers (50 eggs per beaker) under the same laboratory conditions as in the previous experiments. Observations on the number of eggs hatched and larvae were made daily during a 10 day period.

Development time experiment

Under the same laboratory and food conditions of the former experiments, 28 adults of *Acartia californiensis* with a sex ratio of three males per female were placed into each of twenty 1000-ml beakers. Final concentration was nearly one individual per 35ml of water (Urry, 1965; Corkett and Urry, 1968). After a 48 hour period adults were removed through a sieve of 110- μm -mesh monofilament screen cloth (Nitex).

The eggs and first developmental stage (NI) of all containers were mixed together and concentrated in a liter of FSW (ca. 7560 in total), split, and a 1/8 fraction was inoculated in about equal proportions into forty 500-ml beakers (ca. 1.21 ml^{-1}). Every 24 hours and for a 20 day period the contents of two beakers were concentrated by sieving through a 64- μm -mesh monofilament screen cloth

permatóforo) en cinco vasos de precipitado de 50ml (50 huevos por vaso). Diariamente, durante un período de 10 días, se realizaron observaciones para cuantificar el número de larvas y huevos eclosionados.

Experimento para el tiempo de desarrollo

Bajo las mismas condiciones que los experimentos anteriores, se colocaron 28 organismos adultos de *Acartia californiensis* en cada uno de los veinte vasos de precipitado de 1000ml, en una proporción de sexos de tres hembras por macho. La concentración final era de aproximadamente un organismo por 35ml de agua (Urry, 1965; Corkett y Urry, 1968). Después de 48 horas los adultos se removieron con la ayuda de un tamiz de malla monofilamentosa (Nitex) de 110 μm .

Todos los huevos y primer estadio de desarrollo (NI) de todos los vasos de precipitado se mezclaron y concentraron en un litro de AMF (aproximadamente 7560). Se tomó una fracción de 1/8 y se inocularon, en iguales proporciones, 40 vasos de precipitado de 500ml (casi 1.21 ml^{-1}). Cada 24 horas y por un período de 20 días se concentraba el contenido de dos recipientes tamizando su contenido a través de una malla monofilamentosa (Nitex) de 64 μm e inmediatamente se fijaban en formol al 5% amortiguado con borato de sodio. Los estadios de desarrollo se identificaron y contaron de acuerdo a las características morfoanatómicas dadas por Trujillo-Ortiz (1986). Se determinó el porciento de cada estadio de desarrollo en la población experimental.

Se graficó el porciento poblacional diario de cada estadio respecto al tiempo en intervalos de un día, con el propósito de determinar el tiempo de desarrollo del estadio en particular. Los datos de la frecuencia del porciento diario de cada estadio se ajustó a una pendiente a través de una regresión lineal. De acuerdo al método de Johnson (1981), se realizó una corrección para tratar de minimizar el error experimental causado por la eclosión al primer estadio de desarrollo (NI) de algunos huevos depositados antes de que se liberaran los últimos huevos, restando el 90% a cada pendiente de cada estadio de

(Nitex) and immediately preserved in 5% formaldehyde buffered with sodium borate. The number of individuals was counted and the developmental stages were identified according to morpho-anatomical characters given by Trujillo-Ortiz (1986). The percentage of the experimental population of each stage was determined.

In order to determine the development time of a specific stage, its daily percentage of the population was plotted against time in one day intervals. Daily percent frequency data for each stage was adjusted to a best fit slope by a linear regression. Following Johnson's (1981) method, plots were corrected for an inherent experimental error caused by the hatching of some of the deposited eggs into the first developmental stage (NI) before the last eggs were released, subtracting 90% of the NI slope to each developmental stage. The remaining 10% of slope was attributed to intrinsic rates of growth.

Following Uye's (1980) method, the development time of each stage was graphically defined as the moment when 50% of the individuals had molted into that stage. These data were plotted against development time for the purpose of knowing if isochronal development occurred as in other species of the genus *Acartia* (Miller *et al.*, 1977).

RESULTS

Egg production

Table I shows the average number of eggs deposited by 100 fertilized females distributed in five replicates, each with 20 females. A total of 2475 eggs were produced in a 24 hour period. This yielded an average of 24.75 ± 1.95 SD eggs-female⁻¹.day⁻¹.

In the second experiment the number of eggs deposited per female per day was monitored over a 10-day period for two females. The average was 27.35 ± 5.92 SD eggs-female⁻¹.day⁻¹ (Table II). Subsequent comparison for the two females using Student's t-test showed no significant difference between them; previously a test for the

desarrollo. El 10% sobrante de la pendiente fue atribuido al crecimiento intrínseco de la especie.

Siguiendo el método de Uye (1980), el tiempo de desarrollo de cada estadio fue definido gráficamente como el momento cuando el 50% de los organismos han mudado a ese estadio. Estos valores fueron graficados contra el tiempo de desarrollo con el propósito de determinar si se presentaba el desarrollo isocronal, tal como se ha reportado en otras especies del género *Acartia* (Miller *et al.*, 1977).

RESULTADOS

Producción de huevos

La Tabla I muestra el número promedio de huevos depositados por 100 hembras fertilizadas que se distribuyeron en cinco réplicas, cada una con 20 hembras. Se produjeron un total de 2475 huevos en un período de 24 horas; lo que daba un rendimiento promedio de 24.75 ± 1.95 SD huevos-hembra⁻¹·día⁻¹.

En el segundo experimento se monitoreó, durante un período de 10 días, el número de huevos depositados de cada una de las dos hembras bajo observación. El promedio fue de 27.35 ± 5.92 SD huevos-hembra⁻¹·día⁻¹ (Tabla II). Se utilizó una prueba t de Student, la cual mostró que la producción promedio de huevos entre las dos hembras no era estadísticamente diferente; previamente se realizó una prueba para ver si las varianzas correspondientes eran diferentes o no (Tabla III).

Porcentaje de eclosión

En la Tabla IV se muestra el porciento de eclosión de 250 huevos fertilizados. El porciento fue de $96\% \pm 3.2$ SD durante un período de incubación de 10 días.

Tiempo de desarrollo

Los cambios en la estructura de la población en el cultivo de *Acartia californiensis* a $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35^{\circ}/_{00}$ se muestran en la Figura 2. Los estadios NI, NIII, NIV, CI, CV y CVI muestran un máximo que excede al 50% de la población durante su desarrollo.

difference between the two females variance was applied and it showed no significant difference (Table III).

Hatching success

Table IV shows the hatching success of 250 fertilized eggs. The hatching success was $96\% \pm 3.2$ SD over a 10-day egg-laying period.

Development time

Changes in the age structure of the culture of *Acartia californiensis* at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}/_{00}$ observed are shown in Figure 2. Stages NI, NIII, NIV, CI, CV and CVI show a peak which exceeds 50% of the population during its development.

Data from Figure 2 were plotted on Figure 3. It shows the progress in the development stages of *Acartia californiensis* through a linear regression. Figure 3a includes the considered 90% experimental error. Figure 3b shows the subtracted 90% of the slope, in terms of time, from the NI line to all development stages. It was removed to the last occurrence for all instars.

Table V shows the development time for all stages. Generation time of *Acartia californiensis* (time required to develop from egg to adult) at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ was 17.75 days. Development time for the eggs was 1.75 days, 7.5 days for naupliar stages and 8.5 days for the copepodid stages (9.8, 42.2 and 48% of the entire generation time respectively).

Figure 4 shows the progression of the stages through time. It was drawn using 50% of the data of the population corresponding to time from Figure 3b for each stage. It was observed that the development of *Acartia californiensis* was nearly isochronal.

DISCUSSION

Acartia californiensis produced at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}/_{00}$ an average of 24.75 ± 1.95 SD eggs-female⁻¹·day⁻¹ (100 females in a day), an average of 27.37 ± 5.95 SD eggs-female⁻¹·day⁻¹ (two females in a 10-day period), and an average hatching success of $96 \pm 3.2\%$ SD. These results agree with those

Tabla I. Número de huevos depositados durante un período de un día por 100 hembras fertilizadas de *Acartia californiensis* distribuidas en cinco réplicas, cada una con 20 hembras. Se muestra el promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (SD).

Table I. Number of eggs deposited in a day period by 100 fertilized females of *Acartia californiensis* distributed in five replicates each with 20 females. Mean (\bar{x}) and standard deviation (SD) are shown.

REPLICATE	NUMBER OF FEMALES	NUMBER OF EGGS	\bar{x}
1	20	435	21.75
2	20	486	24.30
3	20	510	25.50
4	20	541	27.05
5	20	503	25.15
		495 \pm 39 SD	24.75 \pm 1.95 SD

Tabla II. Número de huevos producidos diariamente por dos hembras de *Acartia californiensis* en un período de 10 días. Se muestra el promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (SD).

Table II. Number of daily eggs produced by two females of *Acartia californiensis* in a 10-day period. Mean (\bar{x}) and standard deviation (SD) are shown.

DAYS	FEMALE		\bar{x}
	1	2	
1	19	27	23.0
2	36	31	33.5
3	25	13	19.0
4	28	21	24.5
5	26	36	31.0
6	29	32	30.5
7	30	24	27.0
8	29	30	29.5
9	26	47	36.5
10	17	21	19.0
			27.35 \pm 5.92 SD

Tabla III. Tabla para la prueba t de Student para los datos en la Tabla II. H_0 , hipótesis nula; H_1 , hipótesis alternativa; S^2 , varianza; \bar{x} , promedio; S^2_p , varianza ponderada.

Table III. Student's t-test for data in Table II. H_0 , null hypothesis; H_1 , alternative hypothesis; S^2 , variance; \bar{x} , mean; S^2_p , pooled variance.

$H_0 : S_1^2 = S_2^2 ; H_1 : S_1^2 \neq S_2^2$	
FEMALE 1 : $n_1 = 10$	$\bar{X}_1 = 26.5$ $S_1^2 = 29.61$ $F = 2.98$ n. s.
FEMALE 2 : $n_2 = 10$	$\bar{X}_2 = 28.2$ $S_2^2 = 88.18$
$F_{0.05} (2) , 9,9 = 4.03$	
$H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2 ; H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$	
$S^2_p = 65.44$	$ t = 0.469$ n. s.
$t_{0.05} (2) , 18 = 2.101$	

Tabla IV. Porciento de eclosión de 250 huevos de *Acartia californiensis* (cinco réplicas) durante un período de 10 días.

Table IV. Hatching success of 250 eggs of *Acartia californiensis* (five replicates) during a 10-day period.

Replicate	Number of fertilized eggs	Number of hatched	Percentage of hatched
1	50	46	92
2	50	47	94
3	50	49	98
4	50	48	96
5	50	50	100
		48 ± 1.58 SD	96 ± 3.16 SD

Los datos de la Figura 2 se graficaron en la Figura 3, que muestra el progreso del tiempo de desarrollo de los diferentes estadios de *Acartia californiensis* a través de una regresión lineal. La Figura 3a incluye el error experimental considerado (90%). En la Figura 3b se ha eliminado el 90% de la pendiente del primer estadio de desarrollo (NI), en términos de tiempo, a todos los estadios de desarrollo restantes.

La Tabla V muestra el tiempo de desarrollo de cada estadio. *Acartia californiensis* presentó un tiempo generacional (considerado de huevo a adulto), a $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de 17.75 días. Los huevos mostraron un tiempo de desarrollo de 1.75 días, el período naupliar de 7.5 días y el de copepodito de 8.5 días, que corresponden al 9.8, 42.2 y 48% del tiempo generacional, respectivamente.

La Figura 4 muestra la progresión de los estadios a través del tiempo. La figura se generó usando el 50% de cada estadio en la población de la Figura 3b correspondiente al tiempo. Se observó que el desarrollo de *Acartia californiensis* fue casi isocronal.

DISCUSION

Acartia californiensis produjo, a $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35^{\circ}/_{\text{OO}}$, un promedio de 24.75 ± 1.95 SD huevos-hembra⁻¹·día⁻¹ (100 hembras en un día), un promedio de 27.35 ± 5.92 SD huevos-hembra⁻¹·día⁻¹ (dos hembras en un período de 10 días) y un porciento promedio de eclosión de $96\% \pm 3.2$ SD. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores para la misma especie en otras regiones. Pace (1978) reportó para el Elkhorn Slough en Bahía de Monterey, California, una tasa de 23.3 huevos-hembra⁻¹·día⁻¹, y Johnson (1974) encontró para la Bahía de Yaquina, Oregon, un promedio de 30.5 huevos-hembra⁻¹·día⁻¹ (21°C y $25^{\circ}/_{\text{OO}}$). *A. tonsa* es otra especie del género *Acartia* que sobresale por su también alta fecundidad y tasa de eclosión, la cual produce 29 huevos-hembra⁻¹·día⁻¹ (Conover, 1956).

Se ha reportado que la mayoría de las especies oceánicas de copépodos presentan, relativamente, una baja tasa de fecundidad como *Calanus finmarchicus* con 12

reported by other authors for the same species in other regions. Pace (1978) reported for Elkhorn Slough in Monterey Bay, California, a rate of 23.3 eggs-female⁻¹·day⁻¹ and Johnson (1974) found for Yaquina Bay, Oregon, an average of 30.5 eggs-female⁻¹·day⁻¹ (21°C and $25^{\circ}/_{\text{OO}}$). Another species of genus *Acartia* noted for its high fecundity and hatching rate is *A. tonsa* which produces 29 eggs-female⁻¹·day⁻¹ (Conover, 1956).

Relatively low fecundities have been reported for more oceanic species of copepods such as *Calanus finmarchicus* with 12 eggs-female⁻¹·day⁻¹ (Marshall and Orr, 1955), *Paracalanus crassirostris* with 15 eggs-female⁻¹·day⁻¹ (Lawson and Grice, 1973) and *Calanus hyperboreus* with 7 eggs-female⁻¹·day⁻¹ (Conover, 1967). In addition to its lower fecundity, a lower hatching success (58%) has also been reported for *C. hyperboreus* (Conover, 1967).

The high rates of fecundity, viability (hatching success) and diapause egg production increase the adaptability of the species (Zillioux and González, 1972; Kasahara *et al.*, 1974; Landry, 1975) and enable endemic populations to persist. Uye and Fleminger (1976) and the present study show that *Acartia californiensis* has these characteristics, all of which make it a good candidate for establishing and maintaining a dominant population.

Throughout this study (February, 1983) it was observed that nearly 92% (by number) of total zooplankton in Estero Punta Banda was *Acartia californiensis*. Jiménez-Pérez and Lara-Lara (1990) have also shown for Estero Punta Banda (March-August, 1985) the dominance of *A. californiensis* with 94.3% of total zooplankton. Méndez-Lanz (1988), in a study of abundance and distribution of zooplankton in the Estero Punta Banda during the period of December 1986-May 1987, showed that *A. californiensis* was the dominant species, comprising 96.03% of the total zooplankton.

The results under laboratory conditions on the egg development time of *Acartia californiensis* from Estero de Punta Banda are in agreement with those reported by Johnson (1974), Uye and Fleminger (1976), Pace (1978) and Johnson (1981). The egg develop-

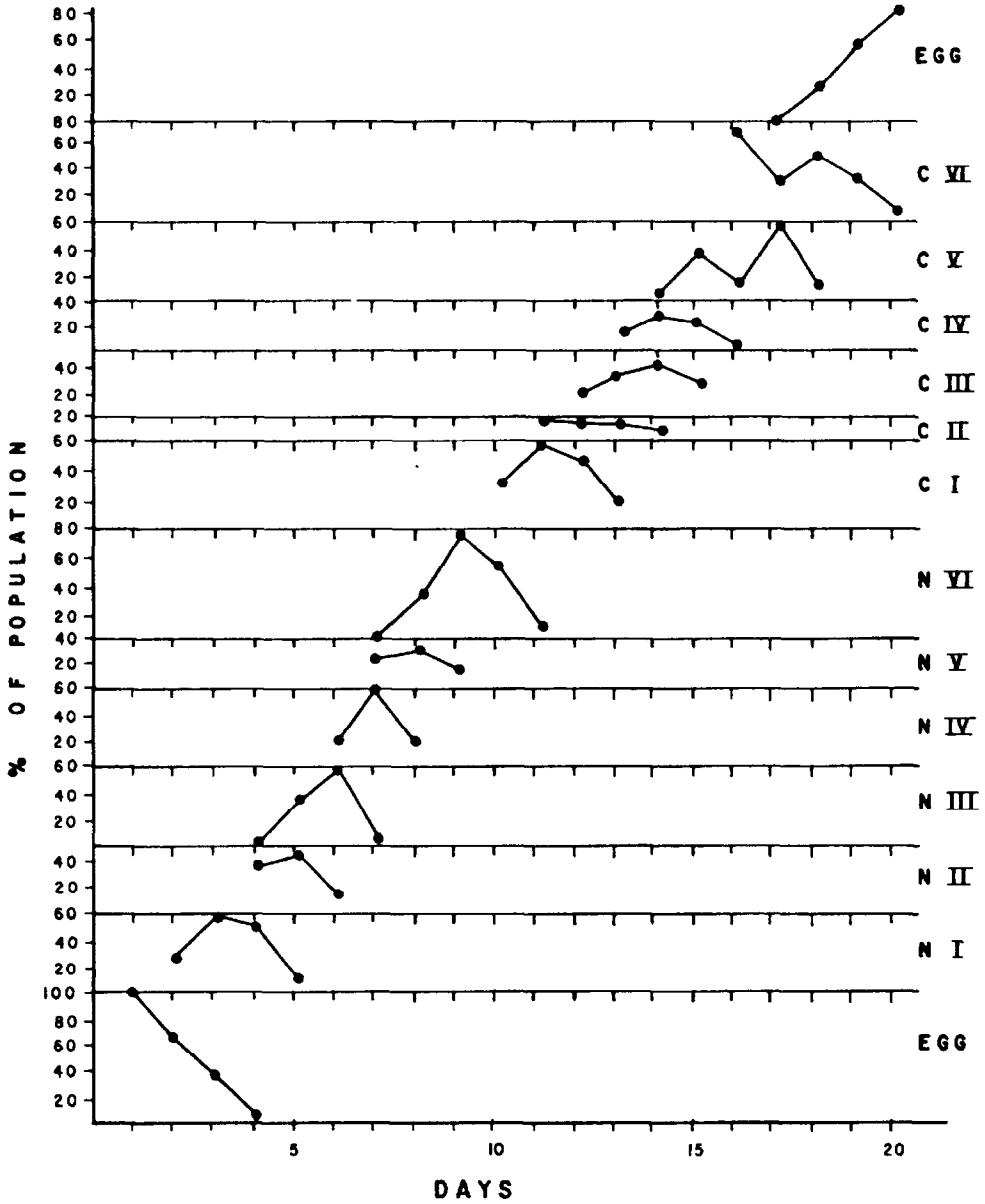


Figura 2. Porciento del estadio de desarrollo en la población experimental de *Acartia californiensis* durante un período de 20 días. N, estadios naupliares; C, estadios de copepoditos.
Figure 2. Percent of development stage in the experimental population of *Acartia californiensis* during a 20-day period. N, naupliar stages; C, copepodid stages.

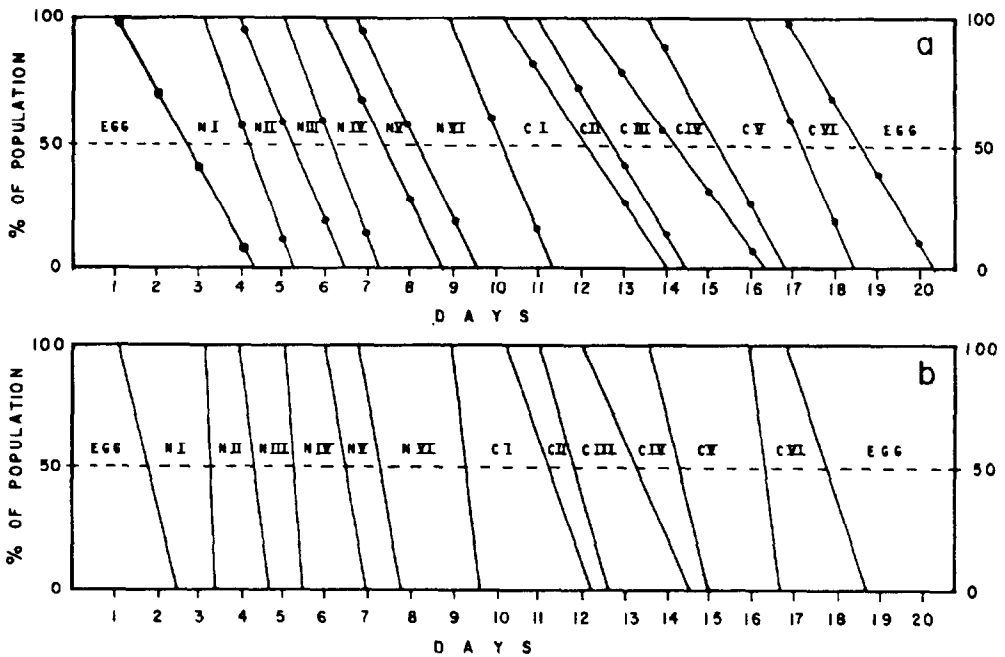


Figura 3. Tasas de desarrollo de *Acartia californiensis* a $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 35‰ : a) representación incorrecta de las tasas de desarrollo y rangos a través de las pendientes de regresión lineal; b) tasas de desarrollo correctas y rangos después de eliminar el error experimental introducido (ver texto). N, estadios naupliar; C, estadios de copepoditos.

Figure 3. Development rates of *Acartia californiensis* at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and 35‰ : a) incorrect representation of development rates and ranges through best fit linear regression slopes; b) correct development rates and ranges after removing the introduced experimental error (see text). N, naupliar stages; C, copepodid stages.

huevos-hembra⁻¹.día⁻¹ (Marshall y Orr, 1955), *Paracalanus crassirostris* con 15 huevos-hembra⁻¹.día⁻¹ (Lawson y Grice, 1973) y *Calanus hyperboreus* con 7 huevos-hembra⁻¹.día⁻¹ (Conover, 1967). *C. hyperboreus*, además de su tasa de fecundidad baja, también ha presentado un bajo porcentaje de eclosión (58%) (Conover, 1967).

Las tasas de fecundidad altas, viabilidad (porciento de eclosión) y producción de huevos diapáusicos incrementan la adaptabilidad de las especies (Zillioux y González, 1972; Kasahara *et al.*, 1974; Landry, 1975), y permiten la persistencia de poblaciones endémicas. Los resultados de Uye y Fleminger (1976) y los de este trabajo, muestran que *Acartia californiensis* posee estas características lo cual la hace una buena candidata para establecer y sostener una población dominante.

ment time (Dt) observed in this study can be compared to the predicted Bělehrádek temperature function (T) presented by Johnson (1981), where $Dt = 115.4 (T - 3.84)^{-1.664}$. Johnson's equation was based on the data of Uye and Fleminger (1976) and Pace (1978). Substituting my experimental temperature (17°C) results in an expected value of 1.58 days, compared to the observed value of 1.75 days. The development time to reach adult stage using the theory of multiplying the egg duration by 10.45 (Johnson, 1981), results in an expected development time of 18.3 days, compared to that observed in this work of 17.75 days.

Although the compared populations occur at different latitudes under the same temperature regime, they tend to have the same development time. Nevertheless, one must be careful in applying the equation

Tabla V. Tiempo de desarrollo de los estadios de *Acartia californiensis* a $17^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35^{\circ}/_{00}$. E, huevo; N, nauplio; C, copepodito; \bar{x} , promedio; SD, desviación estándar.

Table V. Development time of *Acartia californiensis* stages at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}/_{00}$. E, egg; N, nauplii; C, copepodit; \bar{x} , mean; SD, standard deviation.

STAGE	CUMULATIVE DEVELOPMENT TIME (DAYS)	DEVELOPMENT TIME (DAYS)
E - NI	1.75	1.75
NI - NII	3.25	1.50
NII - NIII	4.25	1.00
NIII - NIV	5.25	1.00
NIV - NV	6.50	1.25
NV - NVI	7.25	0.75
NVI - CI	9.25	2.00
CI - CII	11.25	2.00
CII - CIII	11.85	0.60
CIII - CIV	13.25	1.40
CIV - CV	14.30	1.05
CV - CVI	16.30	2.00
CVI - E	17.75	1.45

$\bar{x} = 1.37 \pm 0.48 \text{ SD}$

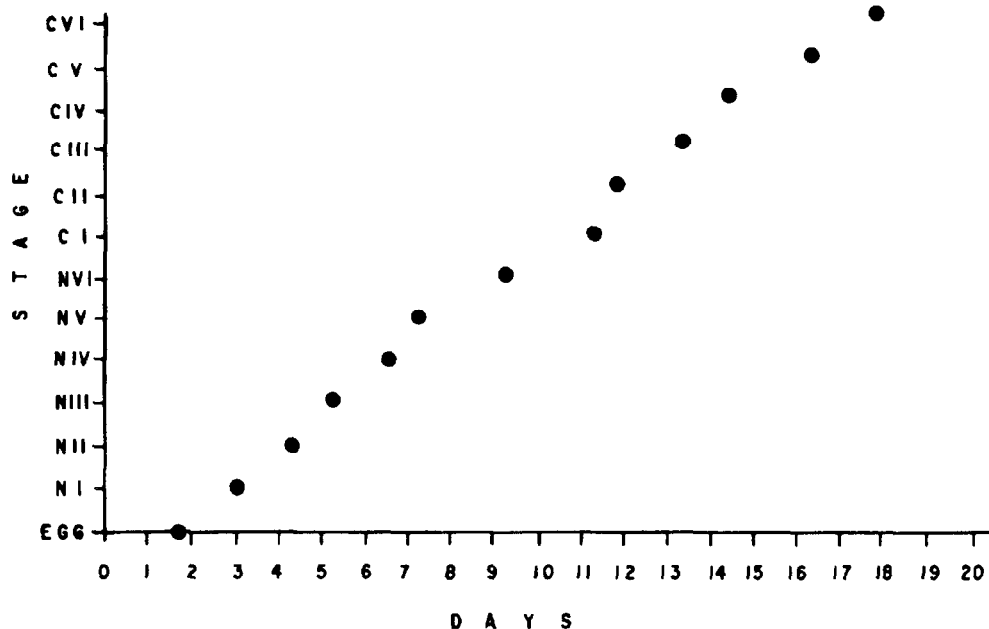


Figura 4. Progresión posembriónica de los estadios de desarrollo de *Acartia californiensis* a través del tiempo $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35^{\circ}/_{00}$. N, nauplio; C, copepodito.

Figure 4. Post-embryonic progress of developmental stages of *Acartia californiensis* through time at $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}/_{00}$. N, nauplii; C, copepodid.

Durante todo el presente estudio (febrero, 1983), se observó que *Acartia californiensis* constituía cerca del 92% (en número) del total del zooplancton del Estero de Punta Banda. Jiménez-Pérez y Lara-Lara (1990) también mostraron que *Acartia californiensis*, durante marzo-agosto de 1985, dominaba la comunidad zooplanctónica con un 94.3%. Méndez-Lanz (1988), en un estudio sobre abundancia y distribución del zooplancton del Estero de Punta Banda durante el periodo de diciembre de 1986 a mayo de 1987, mostró que *A. californiensis* era la especie dominante, contribuyendo con el 96.03% del zooplancton total.

Los resultados del tiempo de desarrollo de los huevos de *Acartia californiensis* del Estero de Punta Banda bajo condiciones de laboratorio concuerdan con los reportados por Johnson (1974), Uye y Fleminger (1976), Pace (1978) y Johnson (1981). El tiempo de desarrollo (Dt) del estadio de huevo observado en el presente estudio puede ser comparado al predicho por la ecuación de Bélehrádek en función de la temperatura (T) que presenta Johnson (1981), donde $Dt = 115.4 (T - 3.84)^{-1.664}$. La ecuación de Johnson (1981) se basa en los datos de Uye y Fleminger (1976) y Pace (1978). Sustituyendo la temperatura con la que se experimentó (17°C), resulta un valor esperado de 1.58 contra un observado de 1.75 días. Usando la teoría de multiplicar la duración de los huevos por 10.45 para obtener el tiempo de desarrollo necesario para alcanzar el estadio adulto, según Johnson (1981), resulta un tiempo de desarrollo esperado de 18.3 contra un observado en el presente estudio de 17.75 días.

A pesar de que las poblaciones comparadas están localizadas en diferentes latitudes, bajo el mismo régimen de temperatura, tienden a presentar el mismo tiempo de desarrollo. Sin embargo, al aplicar la ecuación que presenta Johnson (1981) se debe tener cuidado, ya que representa una respuesta promedio de la población y cualquier grupo de datos combinados en una ecuación como ésta tenderá a dar los resultados esperados; que bien pueden ser iguales o casi iguales a los observados y más aún, si éstos cubren un amplio rango de temperatura. De cualquier forma, es importante que al hacer compa-

presented by Johnson (1981) because it only represents an average response of the population to temperature and any group of combined data in an equation like this will tend to give the expected results. This will be equal to or nearly equal to those observed and even more if they cover a wide range of temperature. However, it is important to use the data of each population of *Acartia californiensis* being compared. It is more appropriate to compare the average generation time observed in the different populations of *A. californiensis* studied. Thus, we have 7.4 days at 25.5°C for Elkhorn Slough (Pace, 1978), 10.6 days at 21°C for Yaquina Bay (Johnson, 1974), and 17.75 days at 17°C for specimens from Estero de Punta Banda, B.C., Mexico (present work). Clearly, the generation time of *A. californiensis* shows an inverse relation with temperature (Fig. 5).

When stage was plotted against the cumulative development time (from egg to adult) (Fig. 4; Table V), it was observed that development was not completely isochronal. In isochronal development the duration of stages must stay almost constant throughout development after hatching (Miller *et al.*, 1977). The duration of stages observed varied from 0.60 to 2.00 days (1.37 days \pm 0.48 SD) (Table V). Isochronal development has been observed in *Acartia californiensis* (Miller *et al.*, 1977), and in another species of the genus *Acartia* reared in the laboratory such as *A. clausi* (Landry, 1975), *A. tonsa* (Heinle, 1969a,b; Pace, 1978) and *A. steueri* (Uye, 1980), as well as in *Eurytemora affinis* (Katona, 1971), *Rhincalanus nasutus* and *Calanus hyperboreus* (Mullin and Brooks, 1967).

Isochronal development should be an expected molting pattern for copepods from reasonably productive marine waters (Uye *et al.*, 1983). The not completely isochronal development observed in the laboratory during the present study may be a feature of nature and the development rate may be the same both in the laboratory and in nature. Also, it could indicate that even though the food conditions in the laboratory were supposedly optimal, it is possible that progenitors taken from Estero de Punta Banda were not in good food conditions. However, there was no monitoring done to detect the level of primary production. Moreover, the not complete

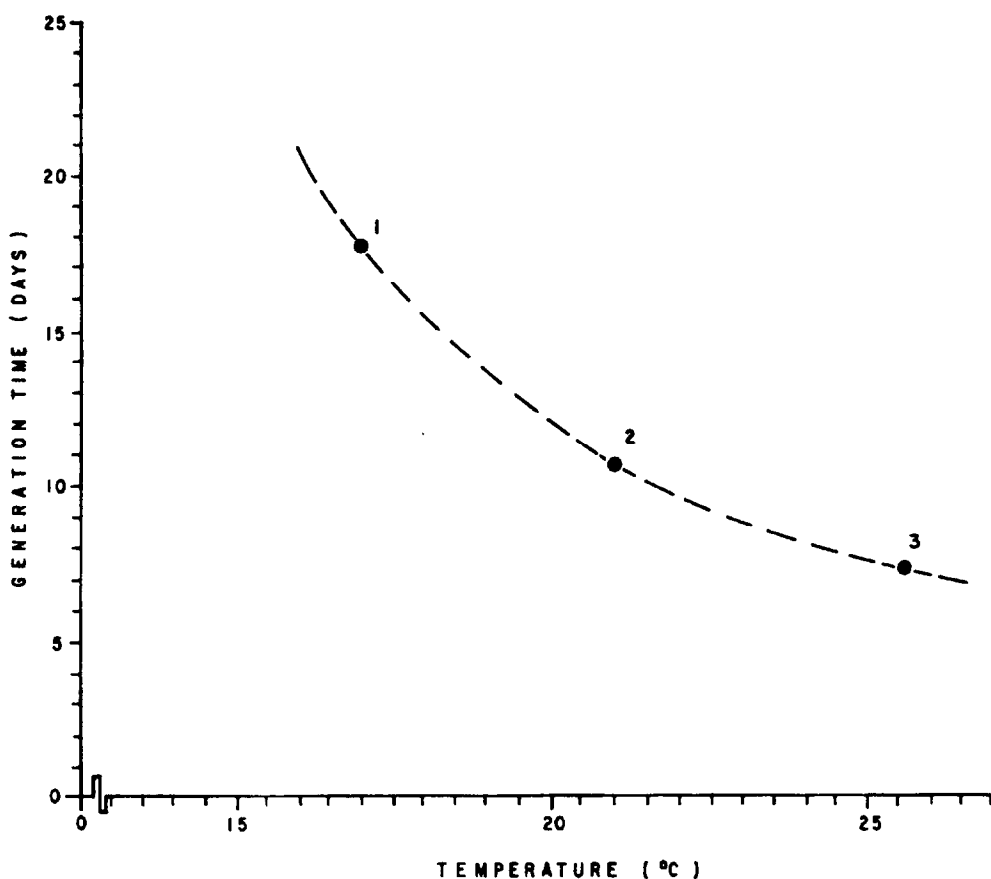


Figura 5. Tiempo generacional promedio (días) en función de la temperatura de tres diferentes poblaciones de *Acartia californiensis*: (1) Estero de Punta Banda, Baja California, México; (2) Bahía de Yaquina, Oregon, y (3) Elkhorn Slough, California.

Figure 5. Average generation time (days) in function of temperature of three different populations of *Acartia californiensis*: (1) Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico, (2) Yaquina Bay, Oregon, and (3) Elkhorn Slough, California.

raciones entre poblaciones de *Acartia californiensis*, es más conveniente comparar el tiempo generacional promedio observado. Así, se tienen 7.4 días a 25.5°C para Elkhorn Slough (Pace, 1978), 10.6 días a 21°C para Bahía de Yaquina (Johnson, 1974) y 17.75 días a 17°C para el Estero de Punta Banda, Baja California, México (presente trabajo). Claramente se observa que el tiempo generacional de *A. californiensis* muestra un comportamiento inverso a la temperatura (Fig. 5).

La gráfica de estadio contra tiempo de desarrollo acumulado (de huevo a adulto)

isochronality could have been due to the high densities of *Acartia californiensis* observed, an average density of 48.1⁻¹ compared with that found in nature of 5.7 organisms⁻¹. The food supply could have been insufficient to cover all the nutritional requirements of the high density of individuals. This is reflected in the development time.

Hartnoll (1982) showed that food and temperature are considered the primary extrinsic factors in influencing molt increment and intermolt period, the two components of crustacean growth. However, the food con-

(Fig. 4; Tabla V), muestra que el desarrollo no fue completamente isocronal. En el desarrollo isocronal se observa que la duración de los estadios debe ser constante durante todo el desarrollo después de la eclosión de los huevos (Miller *et al.*, 1977). La duración observada varió de 0.60 a 2.00 días (1.37 días \pm 0.48 SD) (Tabla V). El desarrollo isocronal ha sido observado en *Acartia californiensis* (Miller *et al.*, 1977) y en otras especies del género *Acartia* cultivadas en laboratorio como *A. clausi* (Landry, 1975), *A. tonsa* (Heinle, 1969a,b; Pace, 1978) y *A. steueri* (Uye, 1980); así como en *Eurytemora affinis* (Katona, 1971), *Rhincalanus nasutus* y *Calanus hyperboreus* (Mullin y Brooks, 1967):

Se puede esperar que los copépodos presentes en aguas marinas razonablemente productivas presenten un desarrollo isocronal (Uye *et al.*, 1983). El desarrollo no completamente isocronal observado en el laboratorio durante el presente trabajo, puede ser un reflejo de las condiciones prevalecientes en el medio ambiente; considerándose que la tasa de desarrollo pudo haber sido la misma tanto en el laboratorio como en la naturaleza. El desarrollo no completamente isocronal observado pudiera indicar que, en el supuesto que las condiciones alimenticias en el laboratorio fueran óptimas, es posible que los progenitores tomados del Estero de Punta Banda no se encontraban bajo buenas condiciones alimenticias. Sin embargo, no-se realizaron evaluaciones sobre la producción primaria para poder llegar a una conclusión apropiada. Otro factor que pudo haber contribuido a la isocronalidad no completa de *Acartia californiensis* son las altas densidades con las que se trabajó en el laboratorio, 48 organismos \cdot l $^{-1}$, en comparación a las encontradas en la naturaleza, 5.7 organismos \cdot l $^{-1}$; ya que la cantidad alimenticia que se proveía pudo no haber sido suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de todos los organismos, reflejándose en el tiempo de desarrollo.

Según Hartnoll (1982) tanto el alimento como la temperatura pueden ser considerados como los dos principales factores intrínsecos que influyen en el incremento y el período intermudal en el crecimiento de los crustáceos. Sin embargo, tanto la concentración de alimento (7.5×10^4 células \cdot ml $^{-1}$) y la clase de alimento (*Isochrysis tahitiana* y *Tetraselmis* sp.) aportados a *Acartia californiensis*, que

concentration (7.5×10^4 cells \cdot ml $^{-1}$) and the food type (*Isochrysis tahitiana* and *Tetraselmis* sp.) supplied to *Acartia californiensis* were considered adequate. In fact, it could have been that one or both conditions may have been unfavourable or variable. Hartnoll (1982) also indicated that a diet of insufficient quantity or suboptimal quality depresses growth by reducing the increment and lengthening the duration of the intermoult. Both effects may occur together, and one or the other may dominate. Nevertheless, the quantity and quality of food relative to those required were not studied in this case.

It has been observed that a difference in food conditions is responsible for the discrepancy between development rate determined in the laboratory and that observed *in situ* in *Acartia clausi* (Landry, 1976) and *Eurytemora affinis* (Burkill and Kendall, 1982). On the other hand, it has also been observed that development rates in nature are about the same as those predicted from laboratory data of the same temperature (McLaren, 1978; McLaren and Corkett, 1981; Uye, 1982).

Huntley (1985) has also shown the non-isochronal growth on *Calanus pacificus* in a Deep Tank controlled experiment.

ACKNOWLEDGMENTS

I thank Abraham Fleminger (February 4, 1925-January 13, 1988), Mark E. Huntley, José R. Lara-Lara, Alejandro Chagoya-Guzmán and Alberto Carvacho-Bravo for their useful discussions and suggestions on this work. I also thank Gilda Enoreaga and Jennifer Davies for their help during the translation into English, and J. David Martín-Suárez, Araceli Meléndez and Rosa Isabel Trujillo for typing the manuscript. I would particularly like to thank the Marine Life Research Group at Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, for all the help given to this study. This study was done at Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). It was supported by a fellowship (32417) from the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), the Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A.C. (CIQRO), and the Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California in México.

aunque fueron considerados adecuados, es probable que una o ambas condiciones pudieron haber sido desfavorables o variables. Hartnoll (1982) señala también que una dieta de cantidad insuficiente o subóptima calidad disminuye el crecimiento, reduciendo el incremento y longitud de la duración de las intermudas. Ambos factores pueden darse simultáneamente o bien, dominar uno. Sin embargo, los requerimientos nutricionales tanto cuantitativos como cualitativos no fueron estudiados.

Se ha observado que la diferencia entre la tasa de desarrollo obtenida en el laboratorio y la observada *in situ* en *Acartia clausi* (Landry, 1976) y en *Eurytemora affinis* (Burkill y Kendall, 1982), es debida a las diferentes condiciones alimenticias. Por otro lado, se ha observado también que las tasas de desarrollo en la naturaleza son aproximadamente iguales a las predichas en laboratorio bajo la misma condición de temperatura (McLaren, 1978; McLaren y Corkett, 1981; Uye, 1982).

Huntley (1985) ha observado también que, en experimentos controlados en el Tanque Profundo, *Calanus pacificus* presentó un crecimiento no isocronal.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Abraham Fleminger (febrero 4, 1925-enero 13, 1988), Mark E. Huntley, José R. Lara-Lara, Alejandro Chagoya-Guzmán y Alberto Carvacho Bravo, sus útiles discusiones y sugerencias a este trabajo. Agradezco también a Gilda Enoreaga y Jennifer Davies, su ayuda durante la traducción al inglés; y a J. David Martín-Suárez, Araceli Meléndez y Rosa Isabel Trujillo por el mecanografiado del manuscrito. Muy particularmente a Marine Life Research Group de la Institución Oceanográfica Scripps en La Jolla, California, por toda la ayuda prestada a este estudio. Este trabajo fue realizado en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de la beca 32417, el Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A.C. (CIQRO) y la Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California en México.

English translation by the author.

LITERATURA CITADA

- Ambler, J.W., Cloern, J.E. and Hutchinson, A. (1985). Seasonal cycles of zooplankton from San Francisco, Bay. *Hydrobiol.*, 129: 177-197.
- Azcárate Capriles, J.C. (1981). Efecto del EDTA y filtración selectiva del agua de mar en la eclosión, tiempo de desarrollo y sobrevivencia del copépodo calanoideo marino *Acartia tonsa* Dana. Tesis Prof., Fac. Ciencias Marinas, UABC, 45 pp.
- Bernhard, M. (1957). Die kultur von soeigelarven *Arbacia lixula* in kúnstlichen und natúrlichen meerrwasser mit hilfe von Ionenaustausch substancen und komplex bilhern. *Publ. Stat. Zool. Napoli*, 29: 80-95.
- Brinton, E., Fleminger, A. and Siegel-Causey, P. (1986). The Temperate and Tropical Planktonic Biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, Vol. 27: 228-266.
- Burkill, P. and Kendall, T. (1982). Production of the copepod *Eurytemora affinis* in the Bristol Channel. *Mar. Ecol. Progress Series*, 7: 21-31.
- Carrillo Barrios-Gómez, E., Miller, C. and Wiebe, P. (1974). Failure of interbreeding between Atlantic and Pacific populations of the marine calanoid copepod *Acartia clausi* Giesbrecht. *Limnol. Oceanogr.*, 19: 452-458.
- Conover, R.J. (1956). Oceanography of the Long Island Sound, 1952-1957. VI. Biology of *Acartia clausi* and *Acartia tonsa*. *Bull. Bingham Oceanogr. Collect.*, 15: 156-233.
- Conover, R.J. (1967). Reproductive cycle, early development and fecundity in laboratory conditions of the copepod *Calanus hyperboreus*. *Crustaceana*, 13: 61-72.
- Conover, R.J. (1978). Transformation of organic matter In: O. Kinne (ed.), *Mar. Ecol. Dynamics*. New York, John Wiley and Sons, 4: 221-499.

- Corkett, C.J. and Urry, D.L. (1968). Observations of the keeping of adult female *Pseudocalanus elongatus* under laboratory conditions. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 48: 97-105.
- Dawson, J.K. (1980). Recognition and occurrence of *Acartia californiensis* and *Acartia tonsa* in the Los Angeles-Long Beach Harbors and Marina del Rey, California. Presented at the 2nd Winter Meeting, ASLO, USC, Los Angeles, California, Jan. 31-Feb. 4, 1980, 7pp.
- Dawson, J.K. and Knatz, G. (1980). Illustrate Key to the Planktonic Copepods of San Pedro Bay, California, Tech. Rep. Allan Hancock Found. N.S.2., 125 pp.
- Frolander, H.F., Miller, C.B., Flynn, M.J., Myers, S.C. and Zimmerman, S.T. (1973). Seasonal cycles of abundance in zooplankton populations of Yaquina Bay, Oregon. Mar. Biol., 21: 277-288.
- Frost, B.W. (1972). Effects on the size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr., 17: 805-815.
- Guillard, R.L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In: W.L. Smith and M.H. Chanley (eds.), Culture of Marine Invertebrate Animals. New York, Plenum Press, pp. 29-60.
- Hartnoll, R.G. (1982). Growth. In: L.G. Abele (ed.), The Biology of Crustacea: Embryology, Morphology, and Genetics, New York, Academic Press, Vol. 2, Chap. 3.
- Heinle, D.R. (1969a). Effects of temperature on the population dynamic of estuarine copepods. Ph.D. Thesis, University of Maryland, 132 pp.
- Heinle, D.R. (1969b). Temperature and zooplankton. Chesapeake Sci., 10: 186-209.
- Huntley, M. (1985). A method for estimating food-limitation and potential production of zooplankton communities. Arch. Hydrobiol. Beih. Ersebn. Limnol., 21: 41-55.
- Jiménez Pérez, L.C. y Lara Lara, J.R. (1990). Distribución de biomasa y estructura de la comunidad del zooplancton en el Estero de Punta Banda. Ciencias Marinas, 16(1): 35-48.
- Johnson, J.K. (1974). The dynamics of an isolated population of *Acartia tonsa* (Copepoda) in Yaquina Bay, Oregon. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 97 pp.
- Johnson, J.K. (1981). Population dynamics and cohort persistence of *Acartia californiensis* (Copepoda: Calanoida) in Yaquina Bay, Oregon. Ph.D. Thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 305 pp.
- Johnson, J.K. and Miller, C.B. (1974). Dynamics of isolated plankton populations in Yaquina Bay, Oregon. Proc. 3rd. Annual Tech. Conf. Estuaries Pac. Northwest, Oregon State Univ. Eng. Exp. Stn. Circ., 46: 27-35.
- Kasahara, S., Uye, S. and Onbe, T. (1974). Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. Mar. Biol., 26: 167-171.
- Katona, S.K. (1971). Ecological studies on some planktonic marine copepods. Ph.D. Thesis, Harvard University, 145 pp.
- Landry, M.R. (1975). The relationship between temperature and the development of life stages of the marine copepod *Acartia clausi* Giesbr. Limnol. Oceanogr., 20: 854-857.
- Landry, M.R. (1978). Population dynamics and production of a planktonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. Ph.D. Thesis, Univ. of Washington, 200 pp.
- Lawson, T.L. and Grice, G.D. (1973). The developmental stages of *Paracalanus crassirostris* Dahl (Copepoda: Calanoida). Crustaceana, 24: 43-56.
- Marshall, S.M. and Orr, A.P. (1955). The Biology of a Marine Copepod. Edinburgh, United Kindom, Oliver and Boyd, 188 pp.
- McLaren, I.A. (1978). Generation lengths of some temperate marine copepods: estimation, prediction, and implications. J. Fish. Res. Board Can., 35: 1330-1342.

- McLaren, I.A. and Corkett, C.J. (1981). Temperature-dependent growth and production by a marine copepod. *Canadian J. Fish. Aqua. Sci.*, 38: 77-83.
- Méndez Lanz, R.M. (1988). Abundancia y distribución del zooplancton en el Estero de Punta Banda, Baja California (diciembre 1986-mayo 1987). Tesis Prof., Fac. Ciencias Marinas, UABC, 45 pp.
- Miller, C.B., Johnson, J.K. and Heinle, D.R. (1977). Growth rules in the marine copepod genus *Acartia*. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 326-334.
- Mullin, M.M. and Brooks, E.R. (1967). Laboratory culture, growth rate, and feeding behavior of a planktonic marine copepod. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 657-666.
- Neunes, H.W. and Pongolini, G.F. (1965). Breeding a pelagic copepod *Euterpina acutifrons* Dana, in the laboratory. *Nature*, 208: 571-573.
- Pace, S.D. (1978). Distribution, abundance and rates of fecundity and growth of *Acartia californiensis* Trinast (Copepoda) in Elkhorn Slough, California. M.S. Thesis, San Jose State University, Calif., 112 pp.
- Soule, D.F. and Oguri, M. (1980a). The Marine Environment in Los Angeles and Long Beach Harbors During 1978. Marine Studies of San Pedro Bay, California. Part 17: A Report for the City of Los Angeles, Department of Public Works, the Port of Long Beach Division of Environmental Management, and the Port of Los Angeles Environmental Analysis Office. Allan Hancock Foundation and USC-IMCS, pp. 277-278 (especially).
- Soule, D.F. and Oguri, M. (1980b). The Marine Environment of Marina del Rey, California. A Baseline Survey. July 1976 to June 1979. Part 18: A Report to the Department of Small Craft Harbors County of Los Angeles. Marine Studies of San Pedro Bay, California. Allan Hancock Foundation and USC-IMCS, pp. 290-294 (especially).
- Steuer, A. (1923). Bausteine zu einer Monographie der Copepodengattung *Acartia* Arb. Zool. Inst. Univ. Innsbruck, 1: 89-148.
- Subbaraju, R.C. (1967). Variation of development time of *Acartia* (Copepoda) with latitude. *Curr. Sci.*, 1: 18-19.
- Trinast, E.M. (1975). Tidal currents and *Acartia* distribution in Newport Bay, Calif. *Crustaceana*, 31: 54-58.
- Trinast, E.M. (1976). Preliminary note on *Acartia californiensis*, a new calanoid copepod from Newport Bay, California. *Crustaceana*, 31: 54-58.
- Trujillo Ortiz, A. (1986). Life Cycle of the Marine Calanoid Copepod *Acartia californiensis* Trinast Reared Under Laboratory Conditions. *CalCOFI Rep.*, Vol. 27: 188-204.
- Urry, D.L. (1965). Observations on the relationship between the food and the survival of *Pseudocalanus elongatus* in the laboratory. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 45: 49-58.
- Uye, S. (1980). Development of neritic copepods *Acartia clausi* and *A. steueri*. II. Isochronal larval development at various temperatures. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 27: 11-18.
- Uye, S. (1982). Population dynamics and production of *Acartia clausi* Giesbrecht (Copepoda: Calanoida) in inlet waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 57: 55-83.
- Uye, S. and Fleminger, A. (1976). Effects of various environmental factors on eggs development of several species of *Acartia* in southern California. *Mar. Biol.*, 38: 253-262.
- Uye, S., Iwai, Y. and Kasahara, S. (1983). Growth and production of the inshore marine copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the central part of the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.*, 73: 91-98.
- Vinogradov, M. (1970). Vertical distribution of the oceanic zooplankton. Keter, Jerusalem (Israel program for scientific translations).
- Zamora Sánchez, M.E. y Gómez Aguirre, S. (1985). Una especie nueva del subgénero *Acanthacartia* Steuer 1915 (Copepoda: Acartiidae) de la Laguna Costera de Agiabampo, Sonora, México. *An. Inst. Biol. UNAM*, 56, Ser. Zool., (2): 337-346.

Zillioux, E.J. and González, J.G. (1972). Egg dominance in a neritic calanoid copepod and its implications to overwintering in boreal water. In: Proceedings of the Fifth European Marine Biology Symposium, Padua, pp. 217-130.

Zimmerman, S.T. (1972). Seasonal succession of zooplankton populations in two dissimilar marine embayments on the Oregon Coast. Ph.D. Thesis, Oregon State Univ., Corvallis, 212 pp.