

**AGRUPAMIENTO SUPERFICIAL DIURNO DE *Calanus pacificus*  
BRODSKY (COPEPODA: CALANOIDA) EN LA BAHIA DE  
TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**DAYTIME SURFACE SWARM OF *Calanus pacificus* BRODSKY  
(COPEPODA: CALANOIDA) IN TODOS SANTOS BAY,  
BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

Luis Clemente Jiménez Pérez <sup>1</sup>

Manuel Mancilla Peraza <sup>1</sup>

Guillermo M. Martínez García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Secretaría de Marina. Dirección General  
de Oceanografía Naval. Estación de

Investigación Oceanográfica de Ensenada  
Av. Vicente Guerrero #133-Altos

Fracc. Bahía Ensenada, Baja California, México

Jiménez Pérez Luis Clemente, Mancilla Peraza, M. y Martínez García, G.M. Agrupamiento superficial diurno de *Calanus pacificus* Brodsky Copepoda: Calanoida) en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Daytime Surface Swarm of *Calanus pacificus* Brodsky (Copepoda:Calanoida) in Todos Santos Bay, Baja California, México. Ciencias Marinas Vol. 14(3): 77-90, 1988.

**RESUMEN**

Durante un muestreo rutinario de zooplancton en las Bahía de Todos Santos, se detectó la ocurrencia de un parche superficial diurno de zooplantacton. Para determinar las posibles causas de su ocurrencia, se analizaron las principales características estructurales del parche y las propiedades fisico-químicas de la columna de agua. Se concluye que los gradientes de las propiedades fisico-químicas del agua de mar no fueron factores importantes en la ocurrencia del parche; el estado de inanición de las poblaciones del copépodo calanoide *Calanus pacificus* y la disponibilidad de alimento en las aguas de la Bahía pudieron ser los factores determinantes.

**ABSTRACT**

During monthly routine zooplankton sampling in Todos Santos Bay, a daytime zooplankton swarm was detected. In order to determine the possible cause factors, the main structural features of the swarm and water column structure were investigated. It was concluded that physical-chemical gradients were not important factors in swarm formation; starved populations of the calanoid copepod *Calanus pacificus* and food availability in the coastal waters of Todos Santos Bay could be the determinant factors.

**INTRODUCCION**

Desde el inicio de las investigaciones del zooplancton ha habido gran interés por conocer sus patrones de distribución espacial, debido a que el conocimiento de sus parámetros puede ser importante en el diseño de muestreos experimentales (Wiebe y Holland, 1968; Wiebe, 1971) y porque representan un

**INTRODUCTION**

Since the beginning of zooplankton sampling, there has been much interest in knowing their spatial distribution, because knowlegde of its characteristics would be important in designing sampling experiments (Wiebe and Holland, 1968; Wiebe, 1971) and play an important role in understanding the

papel importante en la comprensión de los factores causales que determinan la ocurrencia de los parches (Fasham *et al.*, 1974). Durante los últimos diez años, se han realizado muchas investigaciones de los patrones espaciales del zooplancton en la región de la Corriente de California; entre ellos están las investigaciones de Haurly (1976), Smith *et al.*, (1976), Star y Mullin (1981) y Fiedler (1983). Pocos estudios de zooplancton se han realizado en aguas mexicanas (Castro Barrera, 1982; Jiménez Pérez *et al.*, 1985; Alfonso Hernández *et al.*, 1987 y las tesis no publicadas de Castro Longoria, 1986; y Castro Longoria, 1987), pero en ninguno de ellos se han investigado las características de los parches del zooplancton costero.

A finales del invierno de 1987 se detectó la presencia de un agrupamiento superficial diurno de zooplancton en la región central de la Bahía de Todos Santos Baja California.

Para identificar los posibles factores asociados con la ocurrencia del parche, se analizaron la estructura vertical de la columna de agua y los rasgos estructurales básicos del parche.

## MATERIALES Y METODOS

Las muestras de zooplancton fueron colectadas el 12 de febrero de 1987, a lo largo de un transecto de cinco estaciones ubicadas a 1,3,6,8 y 10km de la costa (Fig. 1) en la Bahía de Todos Santos.

En cada estación hidrográficas se hizo un lance vertical de 10m de profundidad a la superficie, además de un arrastre superficial horizontal de cinco minutos, en la zona de ocurrencia del parche. Se utilizó una red estándar de 40cm de diámetro de boca y 0.300mm de luz de malla. El zooplancton fue preservado con formaldehído al 10%, neutralizado con borato de sodio.

En el laboratorio se determinó la abundancia y composición taxonómica del zooplancton. Las muestras colectadas en los lances verticales fueron vertidas en recipientes graduados de 200ml y la del arrastre superficial en un recipiente de 1 litro. Se analizaron tres submuestras de cada colecta utilizando

causal factors determining them (Fasham *et al.*, 1974). During the last ten years, many studies have been carried out to investigate the spatial patterns of the zooplankton communities in the California Current region. Among these are the researches by Haurly (1976), Smith *et al.* (1976), Star and Mullin (1981) and Fiedler (1983). Only few studies on zooplankton of shallow waters along the Mexican coast have been carried out (Castro Barrera, 1982; Jiménez Pérez *et al.*, 1985; Alfonso Hernández *et al.*, 1987; and the unpublished thesis by Castro Longoria, 1986 and Castro Longoria, 1987), but they have not analyzed the structural features of the zooplankton patches.

During late winter 1987, a daytime surface zooplankton swarming was detected in the central region of Todos Santos Bay.

In order to identify the possible factors associated with swarms occurrence, we investigate the main structural features of the swarm and water column properties.

## MATERIALS AND METHODS

Zooplankton samples were collected during February 12, 1987 at five stations located along an hydrographic line at 1,3,6,8 and 10km from shore (Fig. 1) in Todos Santos Bay, Baja California.

Samples were collected making 0-10 meters deep vertical tows in each station and one 5-min horizontal surface tow at the swarm site. A 40cm mouth diameter standard net with 0.300mm mesh size was used; the zooplankton was preserved with a 10% buffered formaldehyde solution.

In the laboratory, zooplankton abundance and taxonomic composition was recorded; samples collected by the vertical tows were poured into 200ml graduated beakers and those from horizontal tows in one liter beaker. Three aliquots were removed with a 5-ml Stempel pipette after suspending the animals by agitation with a small spatula. Animals were counted with the aid of a binocular dissecting microscope at 25 X magnification. In general, systematic identifications were done at level of the highest taxa; identification

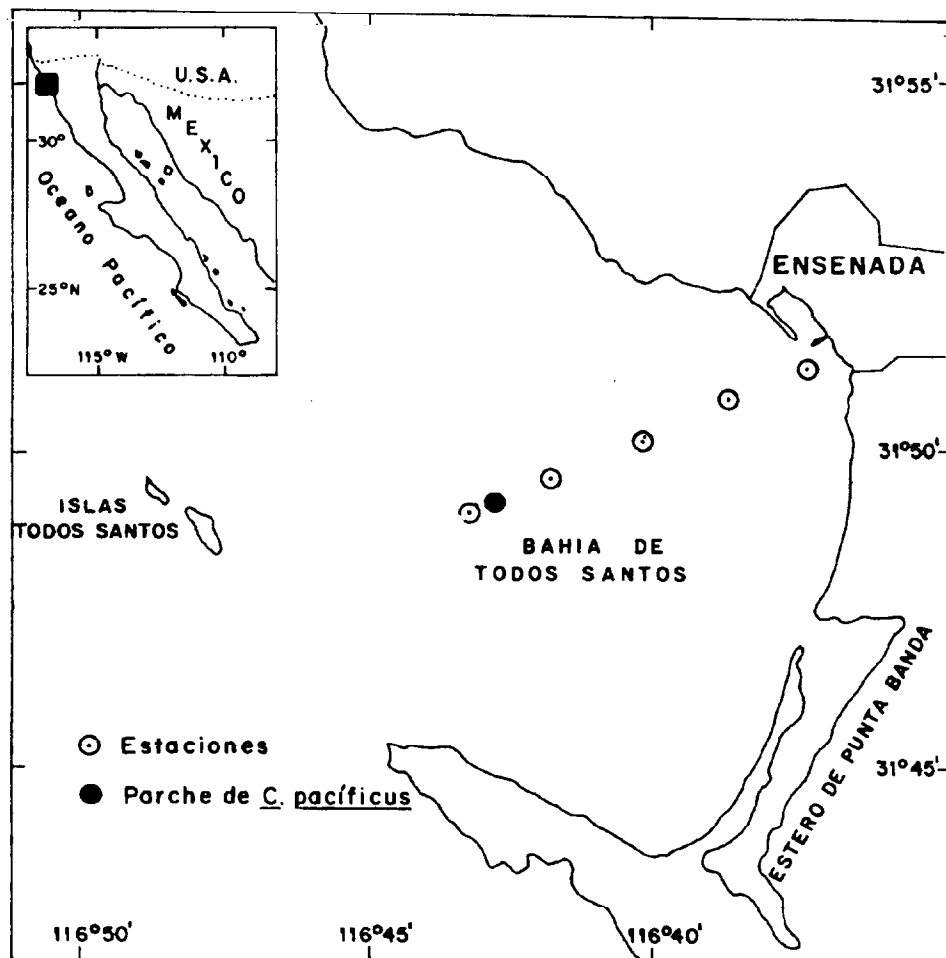


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo y del parche de *Calanus pacificus*.  
Figure 1. Localization of the sampling stations and the patch of *Calanus pacificus*.

una pipeta Stempel de 5ml, después de haber suspendido los organismos por agitación con una pequeña espátula. Los animales fueron contados e identificados con la ayuda de un microscopio estereoscópico con 25 aumentos. En general, las identificaciones fueron hechas a nivel de grupos taxonómicos; sólo se hicieron identificaciones a nivel de especie en los grupos copépodos y cladoceros. También se hicieron estimaciones de la biomasa del zooplankton secando el material biológico a 60°C hasta alcanzar el peso constante.

at species level was carried out only for copepods and cladocerans. Dry weight zooplankton biomass was measured after the material reach constant weight at 60°C.

Water column temperature was registered in each hydrographic station, using reversible thermometers at a depth of every ten meters. Salinity and dissolved oxygen were estimated from water samples collected with 1.7 liter Niskin bottles, using a Beckman

En cada sitio muestreado se registró la temperatura del agua 10m de profundidad, utilizando termómetros de inversión. Posteriormente se midió la salinidad con un salinómetro Beckman RS-10 y el contenido de oxígeno disuelto por el método microwinkler, a partir de muestras de agua colectadas con botellas Niskin de 1.7 litros. Los niveles de estabilidad de la columna de agua fueron calculados a partir de las diferencias finitas de sigma-t.

La varianza de los datos transformados ( $\log x + 1$ ) de los valores de densidad de los diferentes taxa fueron utilizados como índices de los patrones de distribución espacial.

## RESULTADOS

### Distribución costa-altamar

La composición específica del zooplancton recolectado en las estaciones hidrográficas estuvo dominada por el copépodo calanoide *Paracalanus parvus*; otras poblaciones de relativa abundancia fueron los copépodos *Acartia tonsa*, *Labidocera trispinosa*, y *Corucaeus anglicus* y el cladocero *Evadne nordmanni* (Tabla 1).

La densidad del zooplancton total a lo largo del transecto presentó un promedio de 1593ind/m<sup>3</sup> y una desviación estándar de 389ind/m<sup>3</sup>, mientras que la biomasa de zooplancton total mostró un promedio de 10.4mg/m<sup>3</sup> y una desviación estándar de 12.9mg/m<sup>3</sup>; la densidad promedio de *Calanus pacificus* fue de 57ind/m<sup>3</sup> y una desviación estándar de 52.6ind/m<sup>3</sup>.

Los índices de variabilidad de las poblaciones alcanzaron valores relativamente altos en *C. pacificus* y en las larvas de eufásidos, mientras que las otras poblaciones presentaron valores relativamente bajos (Tabla 1).

### Características estructurales del parche

La composición específica del zooplancton dentro del parche se caracterizó por la dominancia del copépodo calanoide *Calanus*

RS-10 salinometer and the microwinkler technique, respectively. Sigma-t and water column stability were calculated.

The variance of the log-transformed data densities of the zooplankton taxa, calculated from deviations about the transect mean was used as an index of the intensity of the spatial pattern.

## RESULTS

### Onshore-offshore zooplankton distribution

The onshore-offshore distribution shows that zooplankton out of the patch were dominated by the calanoid copepod *Paracalanus parvus*. Other relatively abundant populations were the copepods *Acartia tonsa*, *Labidocera trispinosa*, *Corucaeus anglicus*, and the cladoceran *Evadne nordmanni* (Table 1).

Total zooplankton density at in the hydrographic stations averaged 1593ind/m<sup>3</sup> and zooplankton biomass 10.4mg/m<sup>3</sup>; standard deviation was 389ind/m<sup>3</sup> and 12.9mg/m<sup>3</sup>, respectively. The *Calanus pacificus* density averaged 57ind/m<sup>3</sup> (standard deviation was 52ind/m<sup>3</sup>).

The patchiness index was relatively high in the *C. pacificus*, *L. trispinosa* populations and euphausiid larvae but it was very small in the other zooplankton populations (Table 1).

### Structural features of the swarm

The species composition of the swarm was characterized by the clear dominance of the calanoid copepod *Calanus pacificus*. They account for 94% of the total catch. In the remaining 6% several species of copepods, two species of cladocerans and some medusae, chaetognaths and euphausiid larvae were registered but in very small density values (Table II). Total zooplankton density was 2149ind/m<sup>3</sup> and dry weight biomass was 172mg/m<sup>3</sup>.

Data of total zooplankton density were similar with that registered in hydrographic stations (Fig. 2), but the *C. pacificus* density and total zooplankton biomass were one order

Tabla I. Variación espacial de zooplancton a lo largo de la línea hidrográfica.  
Table I. Spacial variation of zooplankton along the length of the hydrographic line.

TAXA	ESTACIONES					*S <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	
<i>Calanus pacificus</i>	10	64	63	10	138	3.84
<i>Paracalanus parvus</i>	800	928	1065	480	707	1.84
<i>Labidocera trispinosa</i>	10	-	-	-	32	2.90
<i>Acartia tonsa</i>	32	44	106	116	128	0.50
<i>Corycaeus anglicus</i>	21	180	32	116	77	1.46
<i>Evadne spinifera</i>	-	10	64	116	55	3.34
<i>E. tergestina</i>	-	-	-	-	64	2.82
<i>E. nordmanni</i>	64	44	77	44	64	0.06
Quetognatos	10	10	10	10	88	0.97
Larvas de Eufasidos	-	-	32	32	88	4.47
Medusas	232	44	53	10	44	1.20
Oikopleura	96	77	21	44	88	0.29
Otros	114	296	426	168	359	0.29
<b>TOTAL</b>	<b>1389</b>	<b>1670</b>	<b>1949</b>	<b>1030</b>	<b>1929</b>	<b>0.06</b>

\*S<sup>2</sup> = Índice de variación

*pacificus*, quien alcanzó el 94% de la captura total. Entre el zooplancton remanente se detectaron otras cuatro especies de copépodos, dos de cladoceros y algunas medusas, quetognatos y larvas de eufásidos, pero sus valores de densidad fueron muy bajos (Tabla II). La densidad del zooplancton total alcanzó un valor de 2149 ind/m<sup>3</sup> y la biomasa un peso seco de 172 mg/m<sup>3</sup>.

La densidad de zooplancton total registradas en el parche fue similar a la detectada en las estaciones hidrográficas, pero los valores de biomasa de zooplancton total y la abundancia de *C. pacificus* fueron un orden de magnitud mayores que los detectados en la estación cinco y dos órdenes de magnitud que los detectados en las otras estaciones (Fig. 2).

La población de *C. pacificus* dentro del parche estuvo dominada por formas adultas (75%), con una razón hembras-machos de 9:1; la población remanente estuvo compuesta por estadios copepoditos C4 y C5, siendo los estadios C5 más abundantes.

of magnitude higher than registered in station five and two orders of magnitude higher than the registered in at other stations.

The *C. pacificus* populations within the patch was dominated by adult forms (75%), showing a female-male ratio of 9:1; the remaining *C. pacificus* population was composed by C4 and C5 copepodite stages, being C5 the most abundant.

#### Water Column Hydrographic Structure

Hydrographic results indicated that vertical distributions of the water temperature and salinity in the swarm area were similar to that found in the other stations; in general terms, we did not detect high horizontal gradients of these parameters. Temperature shows small vertical differences along the transect (Figure 3a), while salinity shows a almost homogeneous vertical distribution (Fig. 3b). The water temperature average was 15.10°C along the transect while water salini-

**Tabla II.** Composición taxonómica y abundancia relativa en el parche de zooplankton detectado en la región central de la Bahía de Todos Santos.

**Table II.** Taxonomic composition and relative abundance in the patch of zooplankton detected in the central region of the Bahía de Todos Santos.

T A X A	ABUNDANCIA (IND/M <sup>3</sup> )	PORCENTAJE
<i>Calanus pacificus</i>	2000	94.24
<i>Paracalanus parvus</i>	28	1.12
<i>Labidocera trispinosa</i>	27	1.08
Acartia tonsa	26	1.04
<i>Corycaeus amazonicus</i>	7	0.28
<i>Evadne spinifera</i>	8	0.32
<i>Evadne tergestina</i>	4	0.16
Medusas	4	0.16
Quetognatos	14	0.56
Larvas de eufasidos	26	1.04
<b>TOTAL</b>	<b>2144</b>	<b>100.00</b>

### Estructura hidrográfica de la columna de agua

La distribución vertical de la temperatura y salinidad del agua fue similar en todas las estaciones muestreadas. En general, se puede considerar que no se detectaron gradientes verticales importantes, pues aunque la temperatura mostró poca variación (Fig. 3a), la salinidad presentó una distribución vertical casi homogénea (Fig. 3b). El promedio de la temperatura del agua a lo largo de transecto fue de 15.01°C mientras que el de la salinidad fue de 33.38ppm; ambos parámetros presentaron variaciones estándar bajas (0.42°C y 0.02ppm, respectivamente).

Se detectó una columna de agua bien oxigenada a lo largo del transecto. La concentración de oxígeno disuelto presentó un promedio de 6.51ml/l y una desviación estándar de 0.11ml/l, alcanzando uno de los valores más altos a 10m de profundidad en la estación cinco (Fig. 3c), que se localiza cerca del sitio del ocurrencia del parche.

Las diferencias de sigma-t entre el fondo y la superficie fueron pequeñas (Fig. 3d) y la estabilidad de la columna de agua fue baja (Fig. 3c).

ty averages 33.382ppm; both parameters shows a small standard deviation (0.42°C and 0.02ppm, respectively).

A well oxygenated water column was detected along the hydrographic line; dissolved oxygen averaged 6.51ml/l, reaching one of the highest values at a 10m depth in station five (Fig. 3c), which is located near the patch. The dissolved oxygen concentration along the transec shows a small standard deviation (0.11ml/l).

The sigma-t differences between the 0-40m depth was small, and the stability of the water column was low (Figs. 3d and 3e).

### DISCUSSION

Since daytime surface swarms were first reported by Brook (1886) in the North Sea, many hypothesis explaining the phenomenon have been proposed. Among these are the hypothesis that suppose that animals actively aggregate at the surface for some biological purpose such as feeding behavior (Brown *et al.*, 1979), reproduction (Endo, 1984; Smith and Adams, 1988) to escape predators (Koma-ki, 1967) and those that suppose that animals

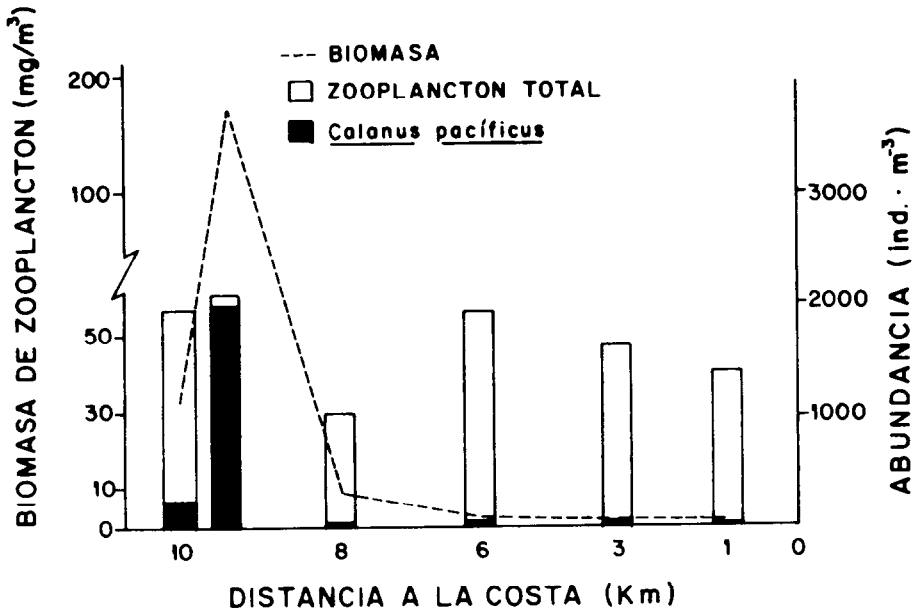


Figura 2. Distribución costa-altamar de zooplancton total y del copépodo calanoide *Calanus pacificus* durante el 12 de febrero de 1987.

Figure 2. The coastal-high seas distribution of the total zooplankton and the calanoid copepod *Calanoid pacificus* on the 12 February, 1987.

## DISCUSION

Desde que la ocurrencia de parches superficiales diurnos fue reportada por Brook (1886) en el Mar del Norte, se han propuesto muchas hipótesis tratando de explicar las causas de este fenómeno. Entre ellas están las hipótesis que suponen que los animales se agregan activamente en la superficie por algún propósito de orden biológico, como el comportamiento alimenticio (Brown, et al, 1979), reproducción (Endo, 1984; Smith y Adams, 1988) o para escapar de sus depredadores (Komaki, 1967) y aquellas que suponen que los animales son transportados pasivamente hacia la superficie por corrientes o movimientos turbulentos (Terazaki, 1980) o por que el rompimiento de una barrera ambiental como la termoclina, los inhabilita para migrar (Komaki, 1967).

Considerando las posibles causas de patrones espaciales, esperabamos encontrar evidencias de gradientes fisico-químicos verticales y/o horizontales que explicaran la ocu-

are passively transported to the surface by water currents or turbulence (Terazaki, 1980) or a breakdown of an environmental barrier that enables them to migrate (Komaki, 1967).

Considering the various possible causes of spatial patterns, we were expecting that evidences of physico-chemical gradients were detected in water column structure; however, the finding of low vertical gradients in water salinity and temperature, suggest that vertical physico-chemical parameters were not important causal factors in the swarms formation.

The low water column stability and small sigma-t differences between 0 and 40m depths indicate that vertical mixing processes could be occurring in the sampling area that could transportate copepods to the surface; Brown et al (1979) suggested that strong vertical water movements or running up to strong tidal streams against steep underwater ledges was the main cause of the *Meganychiophanes norvegica* swarming in the Bay of Fundy. However, there are certain indica-

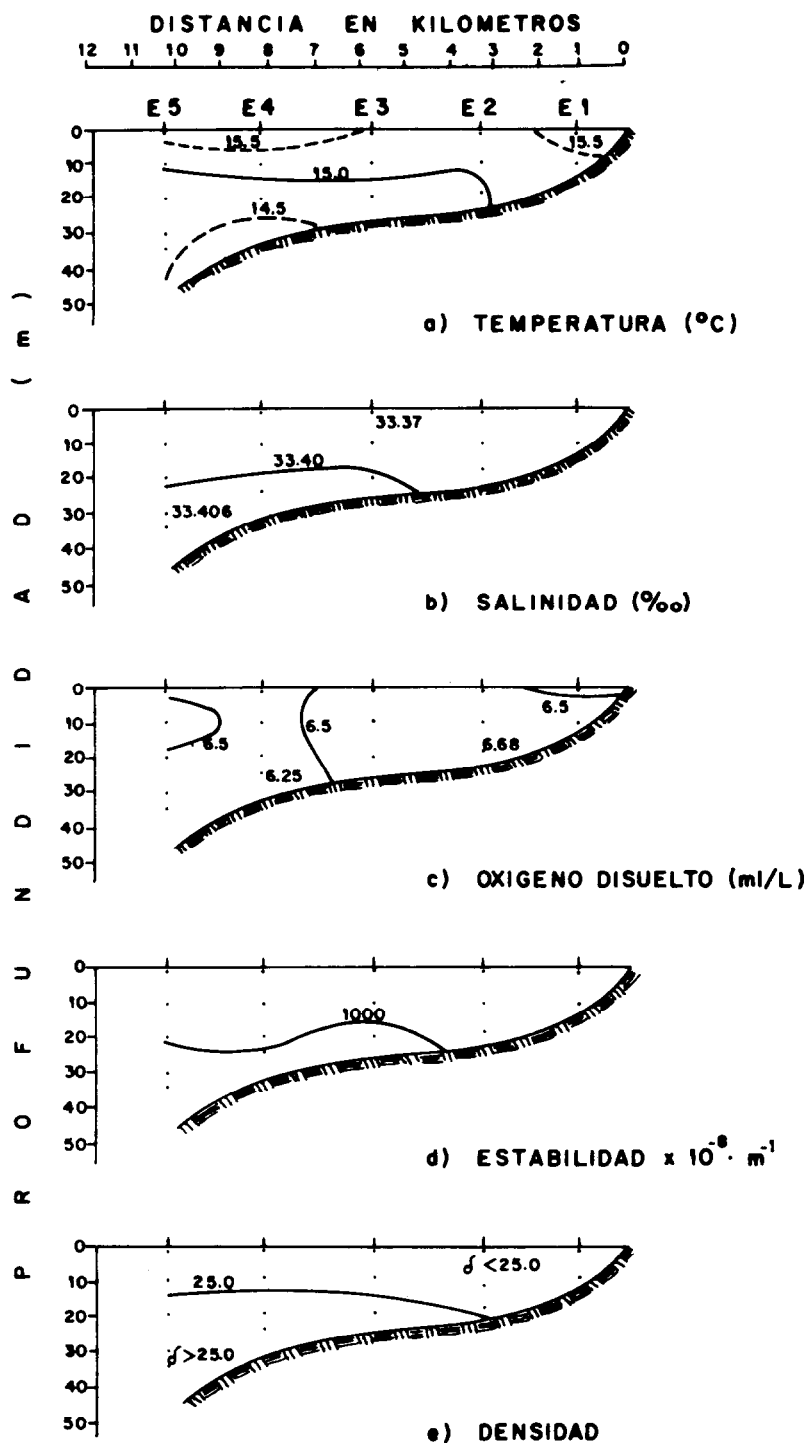


Figura 3. Estructura hidrográfica de la columna de agua a lo largo del transecto.  
 Figure 3. Hydrographic structure of the water column along the length of the transect.



rrencia del parche; sin embargo, los débiles gradientes de salinidad y temperatura registrados en esta investigación sugieren que los parámetros físico-químicos no fueron factores importantes en la formación del parche.

La baja estabilidad de la columna de agua y las pequeñas diferencias de sigma-t indican la posible ocurrencia de procesos de mezcla vertical que pudieran haber transportado a las poblaciones de *Calanus pacificus* a la superficie. Brown et al (1979) sugirieron que fuertes movimientos verticales producidos por corrientes de marea en Bahía de Fundy fueron la principal causa del agrupamiento del eufásido *Meganyctiphanes norvegica*; sin embargo, todo parece indicar que los procesos advectivos no fueron la causa principal del parche de *Calanus* detectado en este estudio, pues mientras que el rango de las mareas de la Bahía de Fundy es de 15.4 metros, el rango de mareas de la Bahía de Todos Santos es menor de dos metros (Pritchard et al, 1978).

En base a estas diferencias en los rangos de marea y considerando la alta capacidad natatoria de los copépodos (Clarke, 1934), parece poco probable que las poblaciones de *C. pacificus* se hallan dejado transportar hacia la superficie y que hallan permanecido en ese sitio durante el mediodía. Pareciera más bien, que la ocurrencia de este parche implica algo más que factores físicos; quizás uno o varios factores biológicos pudieran ser más importantes.

Entre los factores biológicos que han sido asociados con la formación de parches de zooplancton, la alimentación parece ser un factor causal importante en la ocurrencia de este parche de *C. pacificus*. Enright y Honegger (1977) encontraron, que las poblaciones de *C. pacificus* migraban consistentemente hacia aguas superficiales antes del atardecer e interpretaron este comportamiento, como una indicación de que los copépodos estaban tan hambrientos que subían a las capas superficiales ricas en alimento, expidiéndose a ser atacados por depredadores visuales; más recientemente, Huntley y Brooks (1982) observaron la ocurrencia de estos parches bajo

condiciones que sugieren que advección no es un factor causal importante en la formación de parches, porque mientras que el rango de mareas de la Bahía de Fundy alcanza 15.4 metros, el rango de mareas de la Bahía de Todos Santos es menor de dos metros (Pritchard et al., 1978). Considerando esta diferencia de rango de mareas y la alta capacidad de natación de los copépodos (Clarke, 1934), parece poco probable que los copépodos hayan sido transportados a la superficie; y además, que hayan permanecido en las aguas superficiales a las 12:00. Parece más probable que la ocurrencia de este parche de *C. pacificus* abarque más que factores físicos; quizás, causas biológicas fueron las más importantes.

Entre las explicaciones biológicas para la formación de parches, el comportamiento de alimentación parece ser un factor causal importante; Enright y Honegger (1977) encontraron que *C. pacificus* ingresó consistentemente a las aguas superficiales iluminadas antes del atardecer e interpretó este comportamiento como una indicación de que los copépodos estaban tan hambrientos que arriesgaron su mortalidad depredatoria al orientarse visualmente; más recientemente, Huntley y Brooks (1982) observaron este fenómeno en sus estudios experimentales, cuando las circunstancias indicaron que la competencia por alimento sería la más importante. Su interpretación fue que el hambre sobrepasa otros estímulos, como la alta intensidad de luz o el evitar a los depredadores, los cuales de otra manera inducen una migración hacia abajo.

En este estudio no analizamos las abundancias de fitoplancton; sin embargo, las altas concentraciones de oxígeno a 10m de profundidad en el área de los parches, podrían indicar que un temprano florecimiento del fitoplancton estaba ocurriendo durante nuestra muestra. Así, es posible que una pequeña fracción de los copépodos que sobreviven durante el invierno en aguas más profundas en la corriente de California (Langhurst 1967), hayan sido llevados a la superficie para alimentarse.

Otras razones biológicas para la formación de parches son los depredadores (Komaki, 1967) y la reproducción (Mauchline, 1980; Endo, 1984).

La importancia de los procesos depredadores no pudo ser investigada completamente, debido a la distribución espacial de los principales potenciales

condiciones de limitación de alimento. Su interpretación fue que el estado de inanición anula la influencia de otros estímulos como la intensidad luminosa o la presencia de depredadores que bajo otras condiciones los inducirían a migrar a aguas más profundas.

En esta investigación no se hicieron estimaciones de la abundancia de fitoplancton; pero la presencia de un valor alto de oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad cerca del parche, sugiere la posible ocurrencia de un florecimiento primaveral temprano del fitoplancton local. Así que es posible que una fracción de las poblaciones de *C. pacificus* que pasan el invierno en agua más profundas de la región de la Corriente de California sin consumir alimento (Longhurst, 1967), hayan surgido a aguas superficiales para alimentarse.

Entre otros factores biológicos que podrían ser considerados como posibles causas de la ocurrencia del parche de *Calanus* están el escape de los depredadores (Komaki 1967) y los procesos reproductivos (Mauchline 1980; Endo 1984).

La importancia de los procesos de depredación no pudo ser totalmente investigada, pues no fue posible estudiar los patrones de distribución de los depredadores potenciales de adultos y copepoditos avanzados de *C. pacificus* (peces, decápodos, etc.); sin embargo, la ausencia de poblaciones importantes de depredadores planctónicas tales como ctenóforos, medusas, sifonóros y quetagnatos indica que los efectos de la depredación por parte de otros organismos del zooplancton fue mínima.

Los procesos reproductivos pueden estar relacionados con la ocurrencia de parches superficiales de varias formas; se ha sugerido que los parches pueden ser causados por los huevos que son desovados en parches y permanecen en la misma área; sin embargo, esta hipótesis podría ser excluida, pues las escalas temporales del movimiento turbulento del océano son mucho más pequeñas que la escala temporal del desarrollo de estos animales (Fasham *et al.*, 1974). También se ha sugerido que la transferencia de espermatozoides, desove y maduración de los productos sexuales en aguas superficiales más cálidas,

predadores (e.g. fish and decapoda populations) was not studied; however, the absence of important populations of medusas sifonóforos and chaetognaths within the patch, suggests that predation by other zooplankters was minimum.

Reproduction may relate to surface swarmings in several ways; swarmings caused by eggs being laid in patches and young remaining in the same area has been proposed; however, considering that time scales of turbulent motion in the ocean are much smaller than the time scale of the development of these animals, this hypothesis would be excluded (Fasham *et al.*, 1974). Spermaphore transfer from male to female, release of eggs and maturation of sexual products in warm waters, also have been proposed as important factors in swarm formation (Smith and Adams, 1988), but the low proportion of males within the patch detected in Todos Santos Bay suggests that spermaphore transfer probably was not an important factor.

The size of the patch could not be determined as a result of bad weather and navigation problems because of a sudden wind intensification; however, visual estimations indicated that copepods were aggregated in a spatial scale of tens of meters, which is the same as those detected by Smith (1976) for the nearshore zooplankton off the Oregon coast (USA) between a depth of seven and ten meters depth during the daytime.

The occurrence of this swarm of *Calanus pacificus* is in marked contrast with findings by Smith *et al.* (1976) off the Oregon coast, who reported that nearshore zooplankton patches tended to be multispecific entities; however, this phenomenon is not an unusual situation, because other daytime surface swarmings have been recorded in various calanoid copepod species in several regions of the world. In temperate seas, daytime surface swarms of *Calanus finmarchicus* have been reported in the Clyde Sea area (Marshall and Orr, 1927) and off Plymouth (Russell, 1928). This phenomenon also has been registered in tropical seas; recently, Arcos (1980) reported a dense daytime surface swarming of *Acartia leveguei* near the Galapagos Island.

podrían ser factores importantes en la formación de parches superficiales (Endo, 1984; Smith y Adams 1988), pero la baja proporción de machos dentro del parche de *Calanus*, sugiere que la transferencia de espermátóforos probablemente no fue un factor importante.

Las dimensiones del parche no pudieron ser determinadas con precisión debido a las malas condiciones climáticas y a problemas de navegación que surgieron como resultado de una intensificación repentina de los vientos; sin embargo, estimaciones visuales indicaron que los copépodos estaban agregados en una escala espacial de decenas de metros, que es una escala similar a la reportada por Smith *et al* (1976) para los parches diurnos del zooplancton de la zona costera de Oregon (EU) localizados entre siete y diez metros de profundidad.

La presencia de este parche de *C. pacificus* contrasta con los resultados de las investigaciones de Smith *et al* (1976), quienes reportaron que los parches de zooplancton de la región costera de Oregon (EUA) tienden a ser entidades multiespecíficas; sin embargo, este fenómeno no es un evento totalmente inusual, pues otros parches diurnos de varias especies de copépodos han sido reportados en otras regiones del mundo. En mares templados, se han reportado parches superficiales diurnos de *Calanus finmarchicus* en el área del Mar Clyde, Escocia (Marshall y Orr 1927) y frente a las costas de Plymouth, Inglaterra (Russel 1928). Este fenómeno también ha sido reportado en mares tropicales; recientemente, Arcos (1980) reportó la presencia de un denso parche de *Acartia levequei* cerca de las Islas Galápagos.

El sezgo de la razón hembra-macho es un factor familiar en las poblaciones de copépodos calanoides (Fulton, 1973), y ha sido atribuido a una amplia variedad de factores, los más comunes son la temprana ocurrencia de los machos y su corta longevidad (Corket y McLaren, 1978). Se ha sugerido que esta característica poblacional podría indicar una ventaja selectiva cuando el alimento disponible limita la densidad poblacional (Grigg *et al.*, 1985).

The skew of the female-male ratio is a familiar factor in the calanoid population (Fulton, 1973) that has been attributed to a wide variety of factors, the more familiar are the early occurrence of males and their shorter longevity (Corkett and McLaren, 1978); it has been suggested that males are produced only when they are required. This populational characteristic could indicate a selective advantage when the food supply limits the populational density (Grigg *et al* (1985).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Dirección General de Oceanografía Naval and the National Council of Science and Technology of México (CONACyT) for its support through grant CONACyT MARINA PCCNCNA-050429. We also thank Antonio Sánchez Mena for his help during the samplings, and Gabriel López-Castillo for drawing the figures.

---

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la Dirección General de Oceanografía Naval y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT), por su apoyo económico a través del Convenio CONACyT-MARINAPCCNCNA-050429. También queremos agradecer la participación de los señores Antonio Sánchez Mena y Ramón Velásquez en las actividades de muestreo así como a Gabriel López Castillo por la elaboración de las figuras.

#### LITERATURA CITADA

Alfonso Hernández, I., Hammann, M.G. y Rosales Casián, J.A. (1987) Zooplancton suprabentónico de la Bahía de Todos Santos, BC, México, durante otoño de 1986 e invierno de 1987. Ciencias Marinas (en prensa).

Arcos, A. (1980) A Dense Patch of *Acartia levequei* (Copepoda: Calanoida) In Upwelled Equatorial Undercurrent Water Around The Galapagos Island. En: "Coastal Upwelling Research, F.A. Richards ed. American Geophysical Union. Washington, D.C.

- Brook, G. (1886) Report of the herring fishery of Loch Fyne and adjacent districts during 1885. Rep. Fishery Bd Scotl. 4:47-61.
- Brown R.G.B., Parker, S.P. and Gaskin, D.E. (1979) Surface Swarming by *Meganychiphanes norvegica* (Sars) (Crustacea: Euphausiacea) Off Briar Island, Bay of Fundy. Can. J. Zool. 57:2285-2291.
- Castro Barrera, T. (1982) Densidad y distribución de los grupos zooplanctónicos en relación con algunos nutrientes y productos de degradación de la clorofila  $a$  en la Bahía de San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas 8:1-19.
- Castro Longoria, R. (1986) Ecología alimenticia de los estadios larvales de tres especies de peces dominantes en el ictoplancton de la Bahía de Todos Santos, BC, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICESE, Ensenada, Baja California, México.
- Castro Longoria, E. (1987) Variación espacial y temporal de la biomasa del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, BC, México, octubre de 1982 a septiembre de 1983. Tesis profesional, Fac. de Ciencias Marinas UABC, México.
- Clarke, G.L. (1934) Factors Affecting The Vertical Distribution of Copepods. Ecol. Monogr. 4(4): 530-540.
- Corkett, C.J. and McLaren, I.A. (1978) Biology of *Paracalanus*. Adv. Mar. Sci. 15: 1-231.
- Endo, Y. (1984) Daytime Surface Swarming of *Euphausia pacifica* in the Sanriku Coastal Waters off Northeastern Japan. Mar. Biol. (Berl.) 79:269-276.
- Enright, J.T. and Honegger, H.W. (1977) Diurnal Vertical Migration Adaptive Significance and Timing. Part 2. Test of the Model: Details of Timing. Limnol. Oceanogr. 22(5): 873-886.
- Fasham, M.J.R., Angel, M.V. and Roe, H.S.J. (1974) An Investigation of the Spatial Pattern of Zooplankton Using the Longhurst - Hardy Plankton Recorder. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 16:93-112.
- Fiedler, E.P. (1983) Fine Scale Spatial Patterns in the Coastal Epipelagial Off California. J. Plankton Res. 5: 865-879.
- Fulton, E.P. (1973) Some Aspects of the Life History of *Calanus plumchrus* in Straight of Georgia. J. Fish. Res. Bd. Canada 30: 811-815.
- Grigg, H., Holmes, L.J. and Bardwell, S.J. (1985) Seasonal Observation on the Biometry and Development in Copepodite Stage V of *Calanus finmarchicus* from the Fierth of Cycle. Mar. Biol. 88:71-83.
- Haury, L.R. (1976) Small-scale Spatial Pattern of a California Current Assemblage. Mar. Biol. 37:137-157.
- Huntley, M. and Brooks, E.R. (1982) Effects of Age and Food Availability on Diel Vertical Migration of *Calanus pacificus*. Mar. Biol. 71:23-31.
- Jiménez Pérez L.C., Hammann, M.G. y Gutiérrez Wing, M.T. (1985) Depredación sobre estadios tempranos de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*, GIRAD) en la zona costera de Playa San Ramón BC, México. Ciencias Marinas 11:49-63.
- Komaki, Y. (1987) On the Surface Swarming of Euphausiid Crustaceans. Pac. Sci. 21:433-448.
- Longhurst, R.A. (1967) Vertical Distribution of Zooplankton in Relation to the Eastern Pacific Oxygen Minimum. Deep-Sea Res. 14:51-63.
- Marshall S.M. and Orr, A.P. (1927) The Relation of the Plankton to Some Chemical and Physical Factors in the Clyde Sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 14:837-868.
- Mauchline, J. (1980) The Biology of Mysids and Euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18:681 pp.
- Pritchard, W.Q., De la Paz Vela, Cabrera Muro, H., Farreras, S. y Morales, E. (1978) Hidrología física del Estero de Punta Banda. Parte I. Análisis de datos. Ciencias Marinas 5: 1-23.

Russell, F.S. (1928) The Vertical Distribution of Marine Macroplankton VII. Observation on the Behavior of *Calanus finmarchicus*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 19:429-454. Strickland, Ed.) Part III, pp 89-103.

Smith, E.S. and Adams, P.B. (1988) Daytime Surface Swarms of *Thysanoessa spinifera* (Euphausiacea) in the Gulf of the Farallones, California. Bull. Mar. Sci. 42(1):76-84.

Smith, R.L., Miller, Ch.B. and Holton, R.L. (1976) Small-scale Horizontal Distribution of Coastal Copepods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 23:241-253.

Star, J.L., and Mullin, M.M. (1981) Zooplankton Assemblages in Three Areas of the North Pacific as Revealed by Continuous Horizontal Transects. Deep Sea Res. 28(11A):1303-1322.

Wiebe, P.H. (1971) A Computer Model Study of Zooplankton Patchiness and Its Effect on Sampling Error. Limnol. Oceanogr. 16:29-38.

Wiebe P.H. and Holland, W.R. (1968) Plankton Patchiness: Effect on Repetead Net Tows. Limnol. Oceanogr.. 13:315-321.