

## Dinámica del plancton en la región sur de la Corriente de California

Sergio Hernández Trujillo, Francisco Gómez Ochoa y Gerardo Verdugo Díaz

Departamento de Plancton. CICIMAR-IPN. Av. IPN s/n, Col. Playa Palo de Sta. Rita. 23096 La Paz, Baja California Sur. México. Fax: 52+1+122-53-22, strujil@redipn.ipn.mx

Recibido 15-X-1999. Corregido 17-VIII-2000. Aceptado 19-IX-2000.

**Abstract:** We analyzed zooplankton biomass, micro- and nannophytoplankton abundance, *Calanus pacificus* Brodsky 1948 abundance, and sea surface temperature along the west coast of Baja California between February 1983 and September 1991. The zooplankton biovolume abundance decreased from spring to autumn. The average abundance of nannophytoplankton (< 20µm) was generally higher than microphytoplankton (>20µm). Both increased 3.5 times in abundance after 1986. Seasonally, both fractions (NP and MP) were least abundant in winter and most abundant in summer and autumn. *Calanus pacificus* abundance was variable, but especially high in May of some years. Abundance was lowest in winter and highest in spring, dropping in summer and autumn. Sea surface temperatures averaged 21.5 °C, with highest in autumn (24.2°C) and the lowest in spring (17.9°C). *C. pacificus* abundance and sea surface temperature were inversely related by cruise, season, and latitude. The phytoplankton abundance and zooplankton biomass and *C. pacificus* abundance showed low and high abundance patterns coincident with warming and cooling events (El Niño-La Niña).

**Key words:** Plankton, California Current, Variability, Baja California.

La Corriente de California (CC) nace arriba de los 40° N y representa la extensión de la Corriente de las Aleutianas (Sverdrup *et al.* 1942). La masa de agua que la caracteriza en esa zona es del tipo subártico; sin embargo, en su desplazamiento hacia el Sur, cruza por regiones con características topográficas y de insolarción muy diferentes a las de su origen. De esta manera, por la mezcla con otras aguas, por calentamiento y evaporación, poco a poco su identidad subártica se pierde y el porcentaje de agua subtropical se incrementa progresivamente hacia el Sur y hacia el Oeste (Reid *et al.* 1958).

La CC es reconocida biogeográficamente como una entidad particular muy compleja que contiene su propia biota cálido-templada y subtropical, que se encuentra influenciada por la Corriente del Pacífico Norte, el giro antici-

clónico del Pacífico Central, y en una menor extensión, por la masa de agua ecuatorial (Brinton *et al.* 1986, Brinton y Reid, 1986).

Los cambios decadales de la CC han mostrado cambios biológicos, químicos y físicos que se manifiestan mensual, estacional e interanualmente, así como entre latitudes; adicionalmente los episodios cálidos y fríos son elementos de variabilidad (Gómez-Gutiérrez *et al.* 1995a, Mc Gowan *et al.* 1996).

Sin embargo, la región Sur de éste sistema ha sido parcialmente estudiada y el nivel de conocimiento sobre los procesos que gobiernan la dinámica de la zona, es limitado (Funes-Rodríguez *et al.* 1995, Gómez-Gutiérrez *et al.* 1995b). El Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) inició en 1982 una serie de estudios oceanográficos de la costa

occidental de la península de Baja California, que han permitido recopilar información del ecosistema pelágico costero, principalmente.

En este trabajo presentamos la descripción y análisis de los resultados sobre el plancton de la costa occidental de Baja California, obtenidos entre 1983 y 1991, con el propósito de caracterizar los cambios de los principales componentes del plancton en la zona Sur de la CC. Enfatizamos los cambios interanuales, estacionales y latitudinales observados en la comunidad planctónica.

Nuestra hipótesis de trabajo supone que la comunidad del plancton es de alta variabilidad en la zona de estudio y que tiene influencia estacional y latitudinal cuyas magnitudes se manifiestan intra e interanualmente. Para el desarrollo de esta hipótesis, el objetivo del trabajo fue el de determinar la variabilidad espacio-temporal de la comunidad planctónica entre 1983 y 1991.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo utilizando las muestras de plancton obtenidas en los cruceros oceanográficos efectuados en la costa occidental de la península de Baja California en el periodo 1983-1991, a bordo de los buques *B/O El Puma*, *B.H. Mariano Matamoros*, *G.C. J. González Ortega* y *B.H. Altair* (Fig. 1).

La obtención y preservación de las muestras de zooplancton fue el descrito por Smith y Richardson (1977) y que básicamente consistió en el arrastre oblicuo de una red gemela tipo *bongo* provista de flujómetros digitales y mallas filtrantes de 333 y 505 micras de apertura de malla. La profundidad de muestreo fue de 0 a 200m, para la mayoría de las estaciones ocupadas. Las muestras de fitoplancton en cada estación fueron recolectadas en el nivel superficial mediante una botella Niskin de 1.8 l de capacidad; se fijaron con formol al 4%, agregando una solución saturada de borato de sodio como agente neutralizador.

La temperatura superficial del mar (TSM) fue registrada en cada una de las estaciones de

muestreo utilizando un CTD Inter-Ocean. Para comparar estos datos de TSM en un nivel de mesoescala, obtuvimos la TSM del CD-ROM COAD (Comprehensive Ocean Data Set) de NOAA y ORSTOM, para los años 1980 a 1990 en el área geográfica comprendida entre los 22°N a 30°N y de 105°W a 117°W. El área de estudio se dividió en tres bloques latitudinales, siguiendo los criterios de Cole y McLain (1989); de 21-24°N (zona sur), 24-27°N (zona central) y 27-30°N (zona norte).

El análisis cuantitativo del fitoplancton fue hecho de acuerdo al método de Utermöhl (Hasle 1978) determinando la abundancia por fracciones de tamaño, considerando como microfitorplancton (MF) células mayores a 20 µm y como nanofitorplancton (NF) aquellas entre 5-20 µm, de acuerdo al criterio de Malone (1980). Se empleó un microscopio invertido Zeiss Invertoscop D con contraste de interferencia diferencial y oculares KPLW 10x/18 con objetivo 40x/0.65

La biomasa zooplanctónica (BZ) fue medida en cada crucero, por el método de volumen desplazado propuesto por Beers (1976), empleando la manga de 505 µm. El proceso de separación, identificación y censo de los organismos fue el señalado por Fleminger (1967) y Hernández-Trujillo (1991a, 1991b)

El análisis estacional de las variables se llevó a cabo agrupando los meses de muestreo de la siguiente forma: invierno: febrero de 1983, enero de 1984; primavera: mayo de 1983, 1984, 1985, 1986 y junio de 1989; verano: septiembre de 1983, agosto de 1985, julio de 1987 y 1988; septiembre de 1991; otoño: noviembre de 1986 y octubre de 1987. El ANDEVA multifactorial se empleó para probar diferencias en las medias de la TSM, BZ, MF, NF y de la abundancia de la especie de copépodo más frecuente y abundante. La hipótesis nula a probar fue la no diferencia de las variables por efecto de mes de muestreo, época del año y por latitud.

El ANDEVA de una vía se empleó para probar diferencias en los promedios del copépodo más abundante y frecuente, entre las campañas oceanográficas. *Ho* fue la igualdad de abundancia poblacional. *Ha* fue la diferencia.

El análisis de correlación producto-momento de Pearson fue hecho, después de la transformación logarítmica ( $\ln$ ) para reducir la dependencia de la variancia y para normalizar los

datos, para obtener la tendencia entre variables y su probable relación, lo que no implica una representación de forma funcional ó de mecanismos causales.

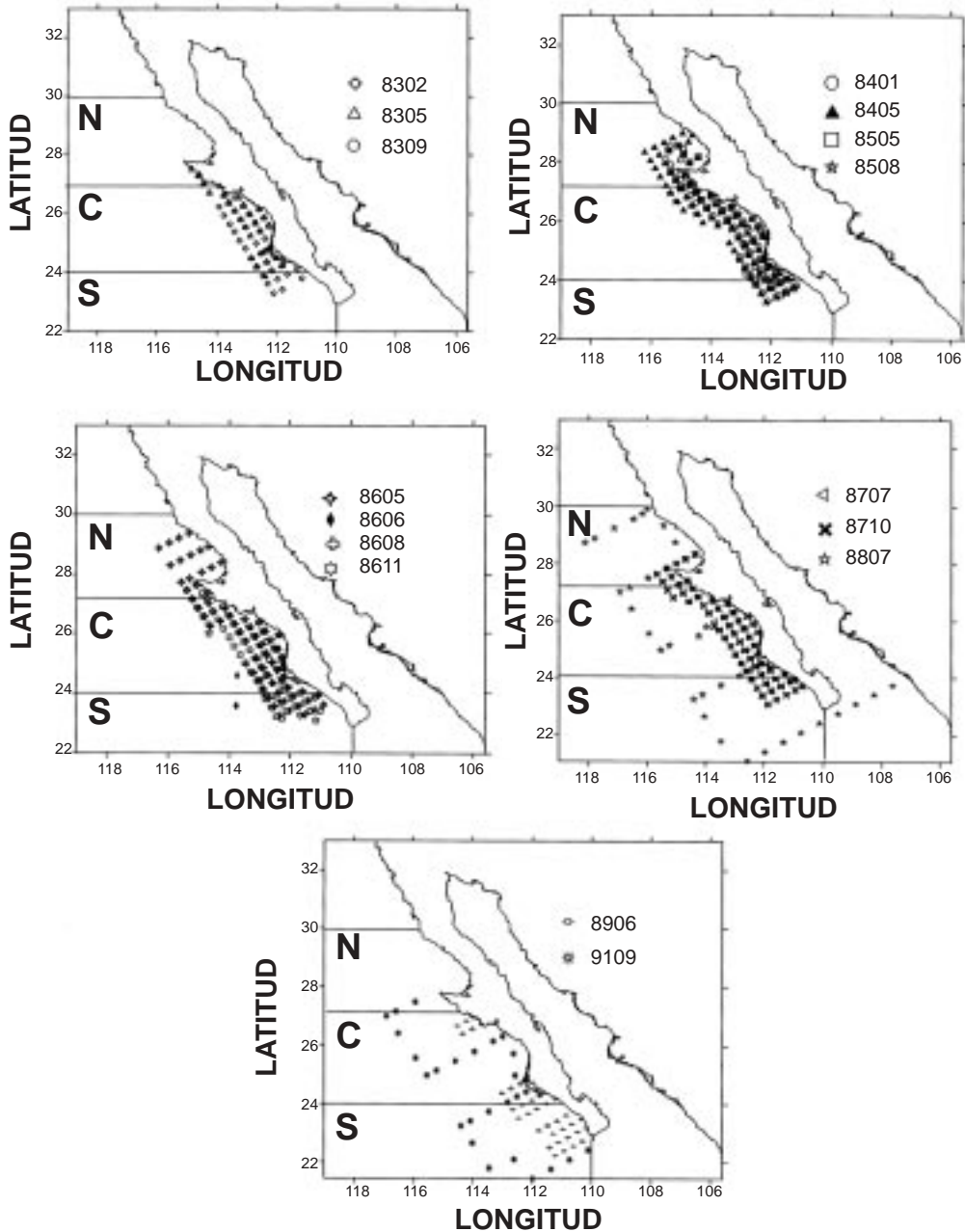


Fig. 1. Red de estaciones oceanográficas del CICIMAR en la costa occidental de Baja California, 1983-1991. N (norte), C (centro), S (sur).

Fig. 1. CICIMAR Oceanographic sampling grid on West Coast of Baja California 1983-1991. N (North), C (Center), S (South).

## RESULTADOS

La cobertura temporal de cada uno de los bloques latitudinales, el número de observaciones, la media y la desviación estándar de la abundancia de fitoplancton, del biovolumen de zooplancton y de la especie de copépodo más abundante y frecuente, *Calanus pacificus*, se observa en el Cuadro 1.

**Mes-latitud:** Los datos de TSM del COAD mostraron que entre 1980 y 1991 se presentaron diferencias latitudinales e interanuales (Fig. 2). De febrero de 1983 a septiembre de 1991 la TSM estuvo en el intervalo de los 12 a 31°C, con una media de 21.1°C. En Mayo de 1985 se observó el menor valor pro-

medio y en septiembre de 1983 el mayor. Los bloques centro y sur tuvieron una mayor TSM en comparación al norte. Hubo diferencias entre cruceros y latitudes en la TSM (ANDEVA,  $P < 0.05$ ) (Cuadro 2).

Respecto al fitoplancton, la mayor abundancia promedio de MF se registró en septiembre de 1983 (63000 cel·l<sup>-1</sup>) y en julio de 1987 (42000 cel·l<sup>-1</sup>); en contraste, la menor se observó en agosto de 1985 (902 cel·l<sup>-1</sup>). Para el NF, septiembre de 1991 fue el de mayor abundancia (107000 cel·l<sup>-1</sup>) y el menor en septiembre de 1983 (1900 cel·l<sup>-1</sup>). Hubo diferencias entre cruceros y latitud en la abundancia del MF (ANDEVA,  $P < 0.05$ ); en el caso del NF no hubo diferencias entre cruceros (ANDEVA,  $P > 0.05$ ) pero si entre latitudes (ANDEVA,  $P < 0.05$ ).

La biomasa de zooplancton promedió 448 ml·1000 m<sup>-3</sup>. El intervalo registrado en cada crucero fue muy amplio, excepto en noviembre de 1986 y septiembre de 1991 (~54 y 35 ml·1000 m<sup>-3</sup>, respectivamente). En mayo de 1983 se registró una abundancia excepcional de zooplancton en los bloques sur y centro (> 4,000 ml·1000 m<sup>-3</sup>). Hubo diferencias entre cruceros y latitudes (ANDEVA,  $P < 0.05$ ) de la abundancia de zooplancton.

La abundancia promedio de *C. pacificus* fue alta en mayo de 1984 (103,000 ind·1000 m<sup>-3</sup>) y en julio de 1987 (111,300 ind·1000 m<sup>-3</sup>). Los meses restantes tuvieron abundancias menores. Se detectaron diferencias de abundancia por mes de muestreo (ANDEVA,  $P < 0.05$ ), pero no entre latitudes (ANDEVA,  $P > 0.05$ ). Cuando las poblaciones de las distintas épocas de año fueron comparadas entre sí, se encontraron diferencias entre la población de otoño (ANDEVA,  $P < 0.05$ ) con las de invierno, primavera y verano. Para junio y agosto de 1986 no se tienen datos y durante septiembre de 1983 ningún ejemplar de la especie fue encontrado (Cuadro 3).

**Epoca-latitud:** La variación estacional de la TSM mostró una tendencia de progresión de la primavera (18.4°C) al otoño (24.2°C). Los cambios latitudinales fueron similares a la tendencia observada en el análisis mes-latitud. Hubo diferencias estacionales y latitudinales (ANDEVA,  $P < 0.05$ ) de la TSM (Cuadro 4).

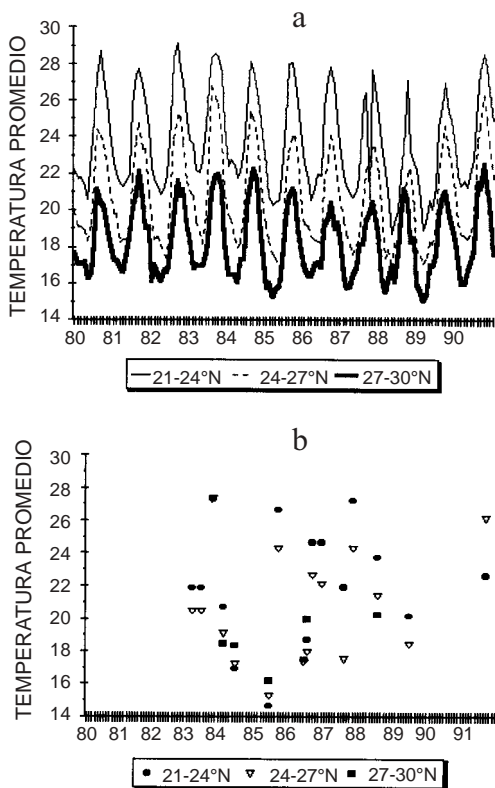


Fig. 2. Variación latitudinal de la TSM en la costa occidental de Baja California. a) Datos COAD, b) Datos observados.

Fig. 2. SST latitudinal variability in the West Coast of Baja California. A) COAD data, b) Field data.

## CUADRO 1

*Esfuerzo de muestreo en el área estudiada: Temperatura superficial del mar (TSM), Micro- (MF) y Nanofitoplancton (NF) y Biovolumen zooplancónico (BZ). Se muestran el número de observaciones, la media y la desviación estándar*

TABLE 1

*Sampling effort at the study area: Sea Surface Temperature (SST), Micro- (MP) and Nanophytoplankton (NP), and Zooplankton biovolume (ZB). Number of observations, average and standard deviation are shown*

21 - 24°N

Crucero	TSM			MF			NF			BZ			Calanus pacificus		
	n	$\bar{x}$	ds	n	$\bar{x}$	ds	n	$\bar{x}$	ds	n	$\bar{x}$	ds	n	$\bar{x}$	ds
8302	19	21.8	0.702	14	8428	23860	17	4716	2327	17	244	149	14	1335	1581
8305	19	21.8	0.702				9	2113	2106	4	374	129			
8309	19	27.3	0.35	18	36686	75677	18	1331	948	19	87	82	19	0	0
8401	8	20.7	1.344	18	1624	21057	18	21057	42463	8	82	72	4	283	111
8405	14	16.9	0.969				15	124	150	19	207424	516349			
8505	12	14.6	1.333	12	6040	4571	12	9813	4543	15	213	259	13	40723	28715
8508	19	26.6	0.775	15	392	410	15	13325	17047	19	202	202	18	4075	3320
8605	12	17.4	1.372	14	2600	7393	13	58415	82366	16	202	256	18	40152	65148
8606	19	18.6	1.938				19	343	553						
8608	11	24.6	0.928				11	77	71						
8611	22	24.6	1.098	25	2729	5781	25	45680	95516	20	39	26	10	313	350
8707	28	21.9	2.34	11	11585	4060	11	1494	2953	28	261	233	18	72449	133440
8710	24	27.2	0.88	14	3777	11409	14	12062	10627	24	254	268	15	3328	8193
8807	14	23.7	1.957	15	28496	99101	15	9193	9242	14	280	280	13	35598	122091
8906	32	20.1	1.628				32	365	396	31	26632	55052			
9109	13	22.6	2.024	14	32510	112748	14	94834	46409	13	22	15	10	304	501
Total	285			170			172			279			206		

Crucero	24 - 27°N						27-30°N								
	TSM $\bar{x}$	ds	n	MF $\bar{x}$	ds	n	NF $\bar{x}$	ds	n	BZ $\bar{x}$	ds	n	<i>Calanus pacificus</i> $\bar{x}$	ds	n
8302	20.4	0.737	25	12488	25893	25	6168	2957	23	392	402	20	4894	6245	20
8305	20.4	0.737	25	12488	25893	25	6168	2957	23	6145	8465	16	38725	36971	16
8309	27.3	0.571	24	91143	109062	24	2506	2891	25	187	205	26	760	827	26
8401	19.0	0.986	26	2501	4476	26	1946	1587	35	346	315	21	452324	849684	21
8405	17.2	1.256	24	7078	7846	24	9608	7334	35	220	353	30	27975	42597	30
8505	15.3	0.821	24	1411	1442	8	8900	6098	28	515	1036	18	11363	12610	18
8508	24.3	1.241	7	1207	1901	24	23356	38576	31	284	547	31	88439	202484	26
8605	17.3	1.188	23	487	430	11	120814	67465	13	206	287	9	446	464	9
8606	17.9	1.248	11	487	430	11	120814	67465	13	329	419	12	1022	1114	12
8608	22.7	1.376	27	2761	7156	27	9020	13631	37	67	126	29	150307	265254	29
8611	22.1	1.326	27	2761	7156	27	9020	13631	37	546	752	12	10227	21604	12
8707	17.5	1.353	23	74289	98340	22	104225	300235	15	289	469	33	44224	100512	33
8710	24.3	1.87	21	13377	34787	21	12019	8055	36	162	187	6	33533	45413	6
8807	21.4	1.155	8	2495	4117	9	33875	28419	13	47	78	11	446	464	11
8906	18.4	1.718	11	487	430	11	120814	67465	13	348	419	12	1022	1114	12
9109	26.1	2.103	11	487	430	11	120814	67465	13	221	287	9	446	464	9
Total	365		219			221			348			348			279
Crucero	TSM $\bar{x}$	ds	n	MF $\bar{x}$	ds	n	NF $\bar{x}$	ds	n	BZ $\bar{x}$	ds	n	<i>Calanus pacificus</i> $\bar{x}$	ds	n
8302	18.4	2.299	2	540	254	2	2300	254	9	207	102	14	1789	1522	14
8305	18.3	0.769	4	12400	16294	4	19900	14830	11	139	158	18	273525	377896	18
8309	16.1	0.944	4	12400	16294	4	19900	14830	11	341	337	12	25689	33952	12
8401	17.5	1.372	11	1567	1436	11	12887	3043	12	258	382	12	79099	148259	12
8405	19.9	1.643	11	1567	1436	11	12887	3043	12	258	382	12	79099	148259	12
8505	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8508	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8605	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8606	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8608	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8611	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8707	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8710	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8807	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
8906	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
9109	20.2	1.148	8	3360	3681	8	25555	23753	9	287	287	8	61445	79271	8
Total	96		27			27			59			59			64

CUADRO 2

*ANDEVA multifactorial del efecto del crucero y la latitud en la variabilidad*

TABLE 2

*Two-way analysis of variance of the effect of cruise and latitude on the variability of variables measured*

Fuente	gl	CM	F
Temperatura superficial del mar			
Crucero	15	476	203
Latitud	1	156.7	66.8
Residual	641	2.34	
Total	658		
Biovolumen zooplanctónico			
Crucero	14	3.8E+07	15.34
Latitud	1	1.1E+07	4.19
Residual	564	2497785	
Total	579		
Microfitoplancton			
Crucero	11	1.9E+10	7.07
Latitud	1	1.2E+10	4.60
Residual	376	2.6E+09	
Total	388		
Nanofitoplancton			
Crucero	11	2.8E+10	4.31
Latitud	1	7.5E+07	0.01
Residual	380	6.5E+09	
Total	392		
<i>Calanus pacificus</i>			
Crucero	12	4.3E+11	6.49
Latitud	1	1.9E+11	2.79
Residual	439	6.7E+10	
Total	452		

P > 0.05 solo opera Nanofitoplancton-latitud y *C. pacificus*-latitud.

El patrón general de la abundancia estacional de fitoplancton fue de valores mínimos en invierno (5,953 cel·l<sup>-1</sup>), ligero aumento en primavera (13,320 cel·l<sup>-1</sup>), máximo en verano (39,900 cel·l<sup>-1</sup>) y un descenso en otoño (107 cel·l<sup>-1</sup>) a niveles similares a los de primavera.

El MF tuvo niveles de abundancia promedio relativamente constantes, excepto por el verano (330,000 cel·l<sup>-1</sup>). Se encontraron diferencias entre época del año y latitud (ANDEVA, P<0.05) de la abundancia de MF. La abundancia del NF aumentó de invierno (9764 cel·l<sup>-1</sup>) al verano (22,442 cel·l<sup>-1</sup>), pero disminuyó en otoño (12,000 cel·l<sup>-1</sup>). No se encontraron diferencias entre épocas y latitudes (ANDEVA, P>0.05).

La variación estacional de la BZ mostró la disminución de primavera (838 ml·1000 m<sup>-3</sup>) al otoño (169 ml·1000 m<sup>-3</sup>); latitudinalmente los cambios de la abundancia fueron de un considerable aumento en primavera y de disminución en otoño. Hubo diferencias en las épocas del año y latitud (ANDEVA, P<0.05) de la abundancia de la BZ.

CUADRO 3

*ANDEVA del efecto de los cruceros en la abundancia de Calanus pacificus*

TABLE 3

*One-way analysis of variance of the effect of cruise on the variability of Calanus pacificus abundance*

Fuente	gl	CM	F
Población de primavera			
Entre grupos	3	3.6E+12	6.529
Dentro de grupos	189	3.4E+13	
Total	192	3.8E+13	
Población de verano			
Entre grupos	3	1.8E+11	5.063
Dentro de grupos	149	1.6E+12	
Total	152	1.8E+12	
Población de otoño			
Entre grupos	1	6.7E+08	3.275
Dentro de grupos	83	1.7E+10	
Total	84	1.8E+10	
Población de invierno			
Entre grupos	2	1.8E+08	11.622
Dentro de grupos	126	9.8E+08	
Total	128	1.2E+09	

P<0.05 solo para población de otoño.

CUADRO 4

ANDEVA multifactorial de los efectos de la época del año y de la latitud en la variabilidad

TABLE 4

Two-way analysis of variance of the effect of season and latitude on the variability of variables measured

Fuente	gl	CM	F
Temperatura superficial del mar			
Epoca	3	1545.34	238.74
Latitud	1	174.68	26
Residual	736	6.47	
Total	740		
Biovolumen zooplanctónico			
Epoca	3	2.1E+07	7.65
Latitud	1	1.8E+07	6.63
Residual	713	2682370	
Total	717		
Microfitoplancton			
Epoca	3	1.5E+10	5.76
Latitud	1	2.9E+09	1.08
Residual	230	2.6E+09	
Total	334		
Nanofitoplancton			
Epoca	3	2.3E+10	2.53
Latitud	1	1.1E+10	1.14
Residual	261	9.3E+09	
Total	265		
Calanus pacificus			
Epoca	3	5.1E+11	7.61
Latitud	1	2.5E+11	3.82
Residual	489	6.7E+10	
Total	493		

P>0.05 solo para microfitoplancton-latitud, nanofitoplancton-epoca y latitud, *C. pacificus*-latitud

La abundancia estacional promedio de *C. pacificus* aumentó del invierno (2,144 ind·1000 m<sup>-3</sup>) a la primavera (127,183 ind·1000 m<sup>-3</sup>) para después disminuir en otoño (4,800 ind·1000 m<sup>-3</sup>). La abundancia media latitudinal de la especie mostró incremento del invierno a la primavera, para después reducirse en otoño e invierno. Se encontraron diferencias por época (ANDEVA, P<0.05) pero no entre latitudes (ANDEVA, P>0.05).

**Análisis de correlación:** La TSM estuvo negativamente correlacionada con la mayoría

de las variables en febrero de 1983, agosto de 1985, julio de 1988 y septiembre de 1991. Los meses restantes no mostraron ninguna tendencia. La BZ estuvo a su vez, relacionada negativamente con las otras variables en febrero de 1983, enero de 1984, agosto de 1985, mayo de 1986, julio de 1987, octubre de 1987 y julio de 1988; en los meses restantes se observaron algunas correlaciones positivas (Cuadro 5).

Para el MF las correlaciones positivas con otras variables se observaron en septiembre de 1983 y mayo de 1985; en el resto de los meses tuvo correlaciones negativas. El NF presentó una situación similar a la del MF.

*C. pacificus* estuvo correlacionado negativamente con las otras variables en la mayoría de los meses de muestreo en que apareció; las correlaciones significativas obtenidas (P<0.05) fueron principalmente con la TSM en el lapso en que se presentó *El Niño* 1983-84. Después de éste periodo, la significancia de las correlaciones fue escasa.

El patrón de variación estacional de la TSM aparentemente influyó en los cambios observados de la BZ, fitoplancton y del calanoides durante el periodo estudiado (Fig. 3), al observarse una relación inversa entre la TSM y esas variables biológicas. Un bajo promedio de temperatura (18-20°C) estuvo asociado con alta abundancia de plancton y el incremento de la TSM (>20°C) con baja abundancia.

## DISCUSIÓN

**Temperatura superficial del mar:** El evento oceanográfico más importante en la década de los 80's fue *El Niño*, y estuvo evidenciado por el incremento en el nivel del mar, anomalías positivas de TSM, aumento de la profundidad de la termoclina, disminución de nutrientes, reducción de las surgencias y la modificación espacial de la distribución horizontal y vertical de los organismos pelágicos (Fielder 1984, Hernández-Trujillo 1989).

El Niño 1982-83 fue el más intenso del siglo 20 (Ripa 1991, Palomares-García y Gómez-Gutiérrez 1996) y provocó cambios en la



## CUADRO 5

Correlación Producto-Momento de Pearson entre las variables. Negritas son significativas ( $P < 0.05$ ). Celdas vacías sin datos

TABLE 5

Pearson product-moment correlation coefficients between variables by month. Bold  $P < 0.05$ . The blanks mean no data

Temperatura superficial del mar (TSM)		Feb83	May83	Sep83	Ene84	May84	May85	Ago85	May86	Jun86	Ago86	Nov86	Jul87	Oct87	Jul88	Jun89	Sep91
		n= 39	n= 20	n=42	n=39	n=67	n=37	n=22	n=48	n=28	n=23	n=39	n=30	n=37	n=32	n=37	n=21
NF		<b>-0.39</b>		0.04	<b>0.32</b>		<b>0.41</b>	-0.08	0.08		0.25	0	-0.11	-0.29			-0.1
MF		-0.04		0.1	0.08		0.29	-0.01	-0.06		0.02	-0.13	0	-0.03			-0.25
Cp		-0.53	-0.38		-0.15	<b>-0.34</b>	-0.13	0.19	0.15		-0.25	0.13	-0.18	-0.17		<b>-0.49</b>	0.01
BZ		-0.25	0.28	<b>0.37</b>	<b>-0.47</b>	<b>0.24</b>	0.11	-0.32	-0.21	0.22	<b>-0.46</b>	0.09	-0.1	0.22	0.16	-0.23	-0.43
Biovolumen zooplancton (BZ)																	
NF		0.12		0.05	-0.17		-0.11	-0.1			-0.11	-0.11	-0.14	-0.09	0.17		0.12
MF		0.03		0.12	0.06		<b>0.74</b>	-0.02			0.01	-0.16	-0.16	-0.14	-0.11		0.09
Cp		-0.19	-0.18		-0.08	-0.17	-0.09	-0.11			-0.16	-0.11	-0.11	-0.03	-0.16	0.24	0.01
TSM		-0.25	0.28	<b>0.37</b>	<b>-0.47</b>	<b>0.24</b>	-0.32	-0.21	0.22	0.22	<b>-0.46</b>	0.09	-0.1	0.22	0.16	-0.23	-0.43
Microfitoplancton (MF)																	
NF		-0.05		<b>0.81</b>	-0.03		<b>0.54</b>	-0.19	-0.1		-0.05	0	0.11	0.18			0.36
Cp		-0.08		0	0		0.03	-0.2	-0.04		0.09	-0.11	0.09	-0.06			-0.12
TSM		-0.04		0.04	0.08		0.29	-0.01	-0.06		0.02	-0.13	0	-0.03			-0.25
BZ		0.03		0.12	0.06		0.22	<b>0.74</b>	-0.02	0.22	0.01	-0.16	-0.14	-0.11			0.09
Nanofitoplancton (NF)																	
MF		-0.05		0.81	-0.03		<b>0.54</b>	-0.19	-0.1		-0.05	0	0.11	0.18			0.36
Cp		<b>0.44</b>		-0.1	-0.1		-0.06	0.13	-0.07		-0.17	-0.06	-0.04	0.34			0.05
TSM		-0.39		0.1	0.32		<b>0.41</b>	-0.08	0.08		0.25	0	-0.11	-0.29			-0.1
BZ		0.12		0.05	-0.17		-0.11	-0.11	-0.1	0.22	-0.11	-0.14	-0.09	0.17			0.12
Calanus pacificus (Cp)																	
NF		0.44		-0.1	-0.1		-0.06	0.13	-0.07		-0.17	-0.06	-0.04	0.34			0.05
MF		-0.08		0	0		0.03	-0.2	-0.04		0.09	-0.11	0.09	-0.06			-0.12
TSM		-0.53	-0.38		-0.15	-0.34	-0.13	0.19	0.15		-0.25	0.13	-0.18	-0.17		<b>-0.49</b>	0.01
BZ		-0.19	-0.18		-0.08	-0.17	0	-0.09	-0.11	0.22	-0.16	-0.11	-0.03	-0.16		0.24	0.01

distribución y abundancia de la fauna y flora (Miller *et al.* 1985, Funes *et al.* 1995). En la segunda mitad de los años 80's, *El Niño* 1986-87 y *La Niña* 1988-89 fueron eventos que también modificaron la estructura vertical y horizontal del ambiente pelágico (Wolter y Timlin 1993, Smith 1995).

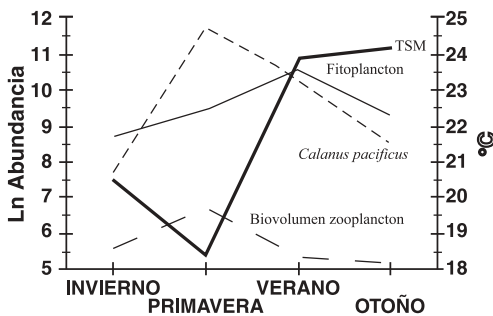


Fig. 3. Patrón estacional de la variación planctónica en la costa occidental de Baja California.

Fig. 3. Seasonal pattern of the plankton variability in the West Coast of Baja California.

Las condiciones de TSM en la región sur de la Corriente de California de 1980 a 1991 estuvieron influenciadas por aguas cálidas de agosto de 1982 al de 1984 y de octubre de 1987 a febrero de 1988; la influencia de las aguas frías se observó de septiembre de 1984 a julio de 1985, de agosto de 1986 a septiembre de 1987, de marzo de 1988 a febrero de 1990 (Ripa 1991, Gómez-Gutiérrez *et al.* 1995b). Entre agosto de 1985 y octubre de 1987 se presentaron condiciones térmicas cálidas y frías que no permitieron ubicarlas como representativas de otros eventos *El Niño*, lo que concuerda con el análisis sobre anomalías de la TSM (ATSM), anomalías de vientos y variaciones de temperaturas subsuperficiales efectuados por McPhaden *et al.* (1990) para la región oriental del Pacífico Ecuatorial. A partir de marzo de 1990 las ATSM indican el inicio del desarrollo de un nuevo evento cálido que, de acuerdo a la literatura, es franco en 1991 y dura hasta 1993 (Kousky 1993, Mo y Wang 1994).

Como ya se mencionó previamente, resalta el dominio de aguas cálidas en el lapso 1983-1984, 1987-1988 y 1990, y de aguas frías en 1985-1987 y 1988-1990 (Murphree y Reynolds 1995, Palomares-García y Gómez-Gutiérrez 1996). Asimismo, a lo largo de la serie de TSM del COAD se encontraron meses en que las condiciones térmicas son atípicas respecto a la tendencia; algunas de nuestras observaciones estarían en esta situación. Una posible explicación es que sean respuesta a fenómenos locales como fluctuaciones de vientos zonales que impactan fuertemente la estructura vertical de la columna de agua en los primeros 100 m (McPhaden *et al.* 1990).

En un estudio sobre la variabilidad ambiental de la CC en el lapso de 1951 a 1989, Hernández-Vázquez (1995) sugirió que las anomalías positivas del índice de surgencia de Bakun representan transporte de agua hacia mar abierto y valores negativos del índice, transporte en sentido inverso y que el enfriamiento de las aguas superficiales puede estar asociado con surgencias más intensas. Esta condición no se observó en mayo de 1984, agosto y noviembre de 1986 debido a que las anomalías de TSM tuvieron el mismo signo que el de las del índice de Bakun. Esta situación pudiera ser causada por condiciones locales más que por un patrón generalizado. En esta porción del área estudiada en la mayoría de los meses estuvo dominada por aguas superficiales frías.

En el bloque central (24 a 27°N), las ATSM fueron negativas, excepto para enero y mayo de 1984. Las anomalías del índice de Bakun reportadas por Hernández-Vázquez (1995) fueron negativas para la mitad de los meses estudiados; estacionalmente, las ATSM fueron negativas en primavera y otoño. En el bloque sur, las anomalías térmicas en los meses de estudio fueron principalmente positivas (+ 1.0°C); en julio de 1988, sin embargo, se registró un valor >3.0°C. Las anomalías del índice de surgencias fueron casi todos negativos y de valor cercano a cero. Esto sugiere la influencia de la Contracorriente Ecuatorial en la zona sur y transporte

de agua mínimo, comparado a lo que se observó en las zonas media y norte. Esta situación ha sido observada para el periodo 1951-1989 cuando el valor del índice de Bakun disminuyó y la TSM se elevó (Lluch-Belda *et al.* 1991).

**Fitoplancton:** La variación de la abundancia de fitoplancton fue significativamente distinta en la mayoría de los meses estudiados, lo que sugiere cierta heterogeneidad temporal y una homogeneidad a lo largo de la costa occidental de Baja California. Existieron condiciones que promovieron abundancias máximas en una región influenciada por las surgencias, entre 24 y 27°N, (Bakun y Nelson 1977) en la que se encuentra Bahía Magdalena, laguna costera exportadora de nutrientes y fitoplancton a la zona marina adyacente (Gárate-Lizárraga 1992, Verdugo-Díaz 1993). Nuestros datos incluyen años con distintas condiciones ambientales, evidentes a través de la variación de MF y NF en cada uno de los meses estudiados, lo cual nos sugiere que existe una variabilidad expresada en una escala interanual.

La fracción MF requiere de agua eutrófica para crecimiento óptimo (Furuya *et al.* 1986) y en periodos cálidos como en *El Niño* 1982-83, el mecanismo de resiembra se interrumpió (Martínez-López 1993). Al no existir una competencia por nutrientes bajo estas condiciones, se promueve el crecimiento de NF, que gradualmente aumentó su abundancia debido a su característica de un crecimiento más rápido (Dawes 1986) y florecimiento bajo las condiciones oligotróficas (Dess-Abayes *et al.* 1989).

A pesar de ser el microfitoplancton un grupo característico de aguas eutróficas, se presentaron florecimientos durante el verano en los cuales la estructura de la comunidad estuvo dominada por *Oscillatoria* sp, *Hemiaulus hauckii* y *H. sinensis*, especies que han sido normalmente asociadas con aguas oligotrófica (Lee 1989, Villareal 1994).

Detectamos diferencias significativas en la abundancia del fitoplancton, probablemente inducidas por la TSM. Nuestras observaciones coinciden con conteos previos de células (Martínez-López 1993) y la estacionalidad de la concentración de pigmentos clorofilianos (Zu-

ria-Jordán 1995) en el área estudiada. En Bahía Magdalena, se ha reportado un patrón similar, sin embargo, se encuentra desfasado en tiempo ya que el máximo se registró en primavera y otoño lo cual es ocasionado por las condiciones de amortiguamiento propio de una zona con mayor estabilidad (Gárate-Lizárraga y Siqueiros-Beltrones 1998).

Después de El Niño, la abundancia de MF aumentó y la abundancia de NF alcanzó su máximo nivel. Nuestras observaciones de la disminución del fitoplancton en las campañas efectuadas entre 1983 y 1985 concuerdan con el descenso de la concentración de clorofila encontrada por Zuria-Jordán (1994). Sin embargo, al no ser la clorofila un indicador directo de la abundancia celular, las diferencias pueden ser ocasionadas por la dispersión temporal de los datos, ya que no hubo registro continuo en ese lapso.

El efecto del pastoreo es otro factor que influye en la baja abundancia de células y en nuestro caso se encontró relacionada inversamente la abundancia del fitoplancton con la del zooplancton. El tamaño del alimento es un factor selectivo en el pastoreo; Bautista y Harris (1992) encontraron que los copépodos adultos se alimentan más efectivamente cuando las células del fitoplancton son mayores a 10µm y que los copépodos consumen células de tamaño menor a 10µm. De igual manera, cuando la fracción dominante es el NF, es más probable que se presente un fuerte pastoreo por las larvas de peces (Rojas de Mendiola 1981) y el mesozooplancton, que son selectivos en cuanto al tamaño celular de la presa. Cuando el MF es dominante, no puede ser consumido fácilmente por los filtroalimentadores y esto significaría una reducción en la red alimenticia (Malone 1980, Varela y Costas 1987).

**Biomasa zooplanctónica:** Las diferencias de abundancia del zooplancton en los meses de estudio, épocas del año y latitud coinciden con lo obtenido por Roesler y Chelton (1987) en su análisis de biomasa zooplanctónica de 1951 a 1982 en la región norte de la CC. Ellos encontraron que de la región 16 a 18 del plan CalCOFI (frente a Bahía Magdalena y Punta Eugenia),

el máximo de BZ se registró en primavera. En nuestra zona de estudio, análisis previos de BZ (Hernández-Trujillo *et al.* 1987) para el periodo 1982-1985 mostraron una amplia variación espacial y máximas abundancias asociadas con temperatura menores a 20°C, principalmente en localidades costeras.

En el área que comprende desde Monterey, California a Bahía Magdalena, México, durante el periodo de 1951 a 1989 Hernández-Vázquez (1995) encontró homogeneidad mensual y latitudinal entre las latitudes 22 a 38°N, con un mínimo entre octubre y marzo (invierno) y un máximo de mayo a julio (primavera-verano); los resultados de este trabajo y los de Hernández-Vázquez (1995) coinciden en la variación mensual, pero no en la de tipo estacional, probablemente debido a que éste último autor empleó toda la base de datos de CalCO-FI de la BZ, lo que minimiza la variancia.

Otros análisis de la abundancia de BZ en el área de estudio para el periodo 1986-1991, mostraron que la combinación latitud-época del año fueron factores de influencia significativa en la variabilidad (Hernández-Trujillo y Gómez-Gutiérrez, com. pers.). Lavaniegos *et al.* (1998) encontraron en un estudio de la biomasa zooplanctónica que en la zona adyacente a Punta Eugenia (30-26.7°N) el ciclo estacional (1951 a 1996) mostró una alta abundancia de BZ en verano-otoño y baja abundancia en invierno-primavera.

En primavera (abril-junio) es cuando las surgencias son más intensas y la CC tiene su flujo máximo hacia el sur (Lynn y Simpson 1987), hay más horas de luz e incremento de TSM. Es cuando los florecimientos de fitoplancton y la abundancia de BZ son relativamente constantes; este último está constituido por zooplancton local y por el transportado estacionalmente por la CC desde el norte y por la Corriente de Davidson desde el sur (Roesler y Chelton 1987, Hernández-Vázquez 1995).

En este trabajo encontramos una asociación inversa entre la BZ y la TSM en los meses de muestreo coincidiendo con lo obtenido por McGowan *et al.* (1996) quienes encontraron una relación inversa entre la BZ y la TSM,

con una correlación entre la máxima BZ y el transporte intenso de aguas anómalamente frías y de baja salinidad provenientes del norte. Ellos concluyeron que los mecanismos de control de la variación interanual de BZ en el sistema de la CC son las respuestas locales del zooplancton a la advección en el norte y en el sur a la respuesta local de las poblaciones a los cambios ambientales motivados por cambios en la advección y la posible influencia de los cambios climáticos.

Lo anterior sugiere que en la región sur de la CC la abundancia del zooplancton responde a los cambios de TSM de manera similar que en el norte, pero en proporción menor a lo observado en latitudes mayores, debido probablemente a la proporción de más del 60% de formas tropicales encontradas en la zona (Hernández-Trujillo 1999) y a que los ciclos de producción de las especies tropicales son más cortos que las subárticas, lo que explicaría la constancia del nivel de abundancia del zooplancton en esta región de la CC.

***Calanus pacificus*:** La distribución y abundancia de esta especie en la CC han sido descritas por Fleminger (1964) para abril, julio y octubre de 1958 y enero de 1959; Bowman y Johnson (1973) hicieron lo mismo para los meses de mayo a octubre de 1949 y febrero de 1950 (sólo hasta Punta Eugenia). Ambas contribuciones mostraron que la abundancia de la especie fue mayor que la de las otras especies de calanoides presentes, situación observada para todos los meses.

Por su importancia en el zooplancton de la CC, la biología y ecología de *C. pacificus* ha sido bien estudiada en las zonas más septentrionales (Håkanson 1987, Mullin 1995), pero no ha sido así en las meridionales y poco es lo que se sabe acerca de su distribución espacial y su abundancia (Hernández-Trujillo 1991c).

A lo largo de la península de Baja California la distribución y abundancia de la especie entre 1982 y 1986, tuvo cambios asociados a la variación de a TSM (Hernández-Trujillo 1991c), lo que coincide con nuestros resultados, especialmente cuando se encontró que la especie tuvo una homogeneidad de abundancia

estacional, excepto para el verano cuando la ausencia de la especie en septiembre de 1983 puede relacionarse al incremento de la TSM en más de 27°C y que la termoclina se hundió hasta los 100 m (Cervantes-Duarte y Hernández-Trujillo 1989).

La disponibilidad de alimento también influye en la distribución y abundancia de los copépodos (Håkanson 1987, Bollens y Frost 1989); la variación mensual y estacional de *C. pacificus*, del MF y NF en los bloques latitudinales muestra la probable influencia de la abundancia de fitoplancton en los niveles poblacionales de este calanoide durante el ciclo anual.

*C. pacificus* se alimenta por filtración y selecciona el alimento de acuerdo a la composición y concentración en el medio (Huntley *et al.* 1983); el fitoplancton es la principal fuente de nutrición de la especie, aunque en ciertas condiciones el calanoide se transforma en depredador de sus propios nauplios (Landry 1981). La especie también tiene preferencia por el NF respecto al MF (Huntley *et al.* 1983), lo que en nuestro caso puede explicar la frecuencia de las correlaciones inversas de la abundancia de *C. pacificus* con el NF en algunos meses de estudio.

Lo anterior nos induce a sugerir que la abundancia de NF es un factor importante en la determinación de la abundancia de especies de zooplancton en el área de estudio, debido a que ésta fracción del fitoplancton fue más abundante que el MF en verano (68 a 86% vs 8% a 18%) y otoño (74 a 79% vs 13 a 16%) entre los 5 y 35 m de profundidad (López-Cortés *et al.* 1990). No obstante, una alternativa de alimento puede ser la materia particulada no fotosintética de contenido calórico equivalente (Lechuga-Deveze *et al.* 1993), la cual también fue muy abundante en los primeros 25 m de la zona costera de Baja California Sur.

El análisis de los datos de abundancia de nano y microfitoplancton, biovolumen de zooplancton y de *Calanus pacificus* mostró diferencias temporales significativas; solo para el caso de la abundancia de la biomasa zooplancónica se observaron diferencias espaciales, in-

dicando heterogeneidad en la distribución espacial en el área estudiada. La fluctuación interanual del plancton covaría con los cambios de la TSM, aunque es dependiente de otros factores no registrados en este trabajo. El cambio estacional estuvo marcado en la primavera por la presencia de altas abundancias de BZ, fitoplancton y de *C. pacificus* en condiciones de baja TSM. El aumento térmico del agua en el verano estuvo caracterizado por la baja abundancia del BZ y de *C. pacificus*; al proseguir incrementándose la TSM en el otoño, se observó la pronunciada disminución del BZ, del fitoplancton y de *C. pacificus*. Esos niveles de abundancia se mantienen hasta el invierno, pero la TSM se reduce considerablemente en más de 4°C, en promedio, respecto al otoño.

Los datos analizados mostraron que, efectivamente, la comunidad planctónica tiene una alta variabilidad en la zona de estudio; la influencia estacional se reflejó en una cercana covariación de los niveles de abundancia en concordancia al incremento y descenso de la temperatura del mar, principalmente. La influencia latitudinal se reconoció en la diferenciación geográfica de la distribución y abundancia, incluso dentro de cada época del año, de prácticamente todas las variables biológicas. El ciclo anual de abundancia del plancton en la zona estudiada, indicó que en la primavera es cuando concurren las mejores condiciones para la máxima producción planctónica.

## AGRADECIMIENTOS

A los participantes en los cruceros oceanográficos, especialmente a los investigadores, técnicos y estudiantes del Departamento de Plancton del CICIMAR. Al personal técnico que efectuó las mediciones de la biomasa zooplancónica y que capturó la información. Los proyectos que fueron la plataforma para la obtención de la información aquí presentada fueron financiados por la División de Estudios de Posgrado e Investigación del IPN mediante los proyectos DEPI 842567, 86804, 874264, 903361 y 931318; el CONACyT proporcionó

fondos a través del proyecto 904620. Fundamental para el desarrollo de las actividades oceanográficas fue el apoyo del CONACYT para el uso del *B/O El Puma* y de la Armada de México con sus buques *B/H Mariano Matamoros*, *G.C.J. González Ortega* y *B/H Altair*. El primer autor es becario de COFAA y BDD del IPN.

## RESUMEN

Se efectuó el análisis de la abundancia de la biomasa zooplanctónica, del micro y nanofitoplancton y de *Calanus pacificus* Brodsky 1948 en combinación con datos de temperatura superficial del mar en la costa occidental de la península de Baja California, entre febrero de 1983 y septiembre de 1991. La biomasa del zooplancton presentó una tendencia estacional de variación de la abundancia. Respecto al fitoplancton, la abundancia mensual de la fracción nanofitoplancton ( $< 20 \mu\text{m}$ ) fue mayor, en términos generales, que la correspondiente al microfitoplancton ( $> 20 \mu\text{m}$ ) y las densidades de ambas se incrementaron hasta en 3.5 órdenes de magnitud a partir de 1986. Estacionalmente, los valores promedio de ambas fracciones, son menores en el invierno y alcanzan su máxima densidad en el verano, descendiendo nuevamente en el otoño. Los niveles de abundancia del calanoide fueron muy variables mensualmente y especialmente altos en mayo de todos los años; asimismo el patrón estacional de su densidad presentó un ciclo bien definido: invierno con el menor valor, en primavera alcanzó el máximo para disminuir a través del verano y el otoño. La temperatura superficial del mar fluctuó en el intervalo de 12 a 31°C y la tendencia global de esta variable física fue la de incrementarse a lo largo del periodo de estudio. Las variaciones de la abundancia del fitoplancton, de la biomasa zooplanctónica y de *C. pacificus* estuvieron influenciadas por el área geográfica y la época del año en que fueron hechas las observaciones, aunque el análisis mensual reflejó situaciones anómalas que coinciden con periodos de calentamiento y enfriamiento acentuados (El Niño/La Niña).

## REFERENCIAS

- Bakun, A. & C. S. Nelson. 1977. Climatology of upwelling related process off Baja California. CalCOFI Rep. 19:107-127
- Bautista, B. & R. P. Harris. 1992. Copepod gut contents, ingestion rates and grazing impact on phytoplankton in relation to size structure of zooplankton and phytoplankton during spring bloom. Mar. Ecol. Prog. Ser. 82:41-50
- Beers, J. R. 1976. Volumetric methods, p. 54-60. In HF Steedman (ed.). Zooplankton fixation and preservation. Monographs on oceanographic methodology, No. 4. UNESCO, París.
- Bollens, S.M. & B. W. Frost. 1989. Zooplanktivorous fish and variable diel vertical migration in the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanog. 34:1072-1083
- Bowman, T. W. & N. W. Johnson. 1973. Distributional Atlas of Calanoida in the California Current Region. CalCOFI Atlas N° 19 La Jolla, California.
- Brinton, E., A. Fleminger & D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and Tropical planktonic biotas of the Gulf of California. CalCOFI Rep. 27:228-266.
- Brinton, E. & J.L. Reid. 1986. On the effects of interannual variations in circulation and temperature upon euphausiids of the California Current. In: A.C. Pierrrot-Bults, S. van der Spoel, B.J. Zahuranec y R.K. Johnson (Eds.) Pelagic Biogeography. UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci. N° 49:25-34.
- Cervantes-Duarte, R. & S. Hernández-Trujillo. 1989. Características hidrográficas de la parte sur de la Corriente de California y su relación con algunas especies de copépodos en 1983. Inv. Mar. CICIMAR 4:211-224.
- Cole, D. A. & McLain. 1989. Interannual variability of temperature in the upper layer of the North Pacific eastern boundary region, 1971-1987. NOAA Tech. Mem. NMFS-SWFC-125, 9p.+5 figs+Appendix.
- Dawes, C. J. 1986. Botánica marina. Limusa, México. 673 p.
- Des-Abbeyes, H., M. Chadeaud, J. Feldmann, Y. De Ferré, H. Gaussen, P. P. Grassé & A. R. Prévot. 1989. Botánica, vegetales inferiores. Reverté, Barcelona. 748 p.
- Fielder, P. C. 1984. Satellite observations of the 1982-83 El Niño along the U.S. Pacific coast. Science 224: 1251-1254.
- Fleminger, A. 1967. Distributional Atlas of Calanoid copepods in the California Current region. CalCOFI Atlas 7. La Jolla, California 250 p.
- Funes-Rodríguez, R., A. R. González & H. A. Esquivel. 1995. Distribución y composición específica de larvas de peces durante y después de El Niño, en la costa del Pacífico de Baja California Sur (1983-1985). Hidrobiología 5:113-125.

- Furuya, K., M. Takahashi & T. Nemoto. 1986. Summer phytoplankton community structure and growth in a regional upwelling area off Hachijo Island, Japan. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 96:43-55.
- Gárate-Lizárraga. I. 1992. Variación espacio temporal de la abundancia fitoplanctónica y de la estructura de las asociaciones microfitoroplanctónicas en el sistema lagunar Magdalena-Almejas durante 1984-1986. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S. México.
- Gárate-Lizárraga, I. & D.A. Siqueiros-Beltrones., 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a subtropical Lagoon System after the 1982-1983 "El Niño" event (1984-1986). *Pac. Sci.* 52:79-97.
- Gómez, G. J., S. Hernandez-Trujillo & G. Esqueda. 1995a. Community structure of euphausiids and copepods in the distribution areas of pelagic fish larvae off the west coast of Baja California, Mexico. *Sci. Mar.* 59:381-390.
- Gómez-Gutiérrez J, R. Palomares-García & D. Gendron. 1995b. Community structure of the euphausiid populations along the west coast of Baja California, Mexico, during the weak ENSO 1986-1987. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 120:41-51.
- Hakanson, J. L. 1987. The feeding condition of *Calanus pacificus* and other zooplankton in relation to phytoplankton pigments in the California Current. *Limnol. Oceanogr.* 32(4):881-894.
- Hasle, G. R. 1978. Using the inverted microscope, p.191-196. In A. Sournia (ed.). *Phytoplankton manual*. UNESCO, Paris
- Hernández-Trujillo, S. 1989. Variación de la distribución de los copépodos en el Pacífico de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S. México.
- Hernández-Trujillo, S. 1991a. Variación latitudinal de la diversidad de copépodos en la costa occidental de B.C.S. (1982-1984). *Ciencias Marinas* 17:83-103.
- Hernández-Trujillo, S. 1991b. Análisis de la diversidad de copépodos en el Pacífico de B.C.S. (mayo, 1986). *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol.* 18:279-288.
- Hernández-Trujillo, S. 1991c. Patrones de distribución y abundancia de *Calanus pacificus*, en relación a la temperatura superficial en el Pacífico de Baja California Sur, México (1982-1986). *Rev. Inv. Cient. UABCS* 2: 56-64.
- Hernández-Trujillo, S. 1999. Variability of community structure of Copepoda related to El Niño 1982-83 and 1987-88 along the west coast of Baja California Peninsula, Mexico. *Fish. Oceanogr.* 8:284-295.
- Hernández-Vázquez, S. 1995 Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina y anchoveta en las costas de California y Baja California y su relación con factores ambientales:1951-89. Tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México.
- Huntley, M. E., K. G. Barthel & J. L. Star. 1983. Particle rejection by *Calanus pacificus*: discrimination between similarly sized particles. *Mar. Biol.* 74:151-160.
- Kousky, V.E. 1993. The global climate of December 1991-February 1992: Mature-Phase warm (ENSO) EPISODE CONDITIONS DEVELOP. *J. Climate* 6:1639-1655.
- Landry, M. R. 1981. Switching between Herbivory and carnivory by the planktonic marine copepod *Calanus pacificus*. *Mar. Biol.* 65:77-82.
- Lavaniegos, E.B., J. Gomez-Gutierrez, J.R. Lara-Lara & S. Hernandez-Vazquez. 1998. Long-term changes of zooplankton volumes in the California Current System.- The Baja California region. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*169:55-64.
- Lechuga-Deveze, C., D. López-Cortes & G. J. Bustillos. 1993. Distribution of particulate organic matter in Baja California, west coast of Mexico. *Indian J. Mar. Sci.* 22:128-131.
- Lee, R. E. 1989. *Phycology*. Cambridge University Press. 645p
- López-Cortes D, C. Lechuga-Deveze & G. J. Bustillos. 1990. Biomasa proteica de carbohidratos del mesoplancton en la costa occidental de Baja California Sur. *Rev. Lat-amer. Microbiol.* 32:109-116.
- Lluch-Belda D, D. B. Lluch-Cota, S. Hernández-Vazquez, C. Salinas-Zavala & R. A. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current System. *CalCOFI Rep.* 32:105-111.
- Lynn, R.J. & J. J. Simpson. 1987. The California Current system: the seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geoph. Res.* 92:2947-12966.
- Malone, T.C.1980. Algal size. In: Morris T (ed) *The physiological ecology of phytoplankton*. Blackwell Sci. Publ. : 433-463.

- Martinez-Lopez, A. 1993. Distribución espacial del fitoplancton asociada con frentes en la costa occidental de Baja California Sur. *Inv. Mar. CICIMAR* 8:71-86.
- McGowan, J.A., D. B. Chelton & A. Conversi. 1996. Plankton patterns, climate and change in the California Current. *CalCOFI Rep.* 37:45-68.
- McPhaden, M.J., S. P. Hayes, L. J. Magnum and J.M. Toole. 1990. Variability in the western equatorial Pacific ocean during the 1986-87 El Niño/Southern Oscillation event. *J. Phys. Oceanogr.*, 20:190-208.
- Miller, C. B., H. P. Batchelder, R. D. Brodeur and W. G. Pearcy. 1985. Response of the zooplankton and ichthyoplankton off Oregon to the El Niño event 1983. In: Wooster W S, Fluharty DL (eds) *El Niño North. Niño effects un the Eastern subarctic Pacific Ocean*. University of Washington, Seattle, 185-187.
- Mo, K. C. & X. Wang. 1994. The global climate of June-August 1992: warm ENSO episode decays and colder than normal conditions dominate the Northern Hemisphere. *J. Climate* 7:335-357.
- Mullin, M.M. 1995. The Californian El Niño of 1992 and the fall of *Calanus*. *CalCOFI Rep.* 36:175-178.
- Palomares-García R. & J. Gómez-Gutiérrez. 1996. Copepod community structure at Bahía Magdalena, Mexico during El Niño 1983-84. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 43: 583-595.
- Ripa, P. 1991. ¡Ay que Niño éste! *Ciencias* 21:3-8
- Roden, G. I. 1991. Subarctic-Subtropical transition zone of the North Pacific: Large-Scale aspects and Mesoscale structure. In: Wetherall JA (ed) *Biology, Oceanography, and Fisheries of the North Pacific Transition Zone and Subarctic Frontal Zone*. NOAA Technical Report NMFS 105:1-38
- Roesler, C.S. & D.B. Chelton. 1987. Zooplankton variability in the California Current, 1951-1982. *CalCOFI Rep.* 28:59-96
- Rojas de Mendiola, B. 1981. Seasonal phytoplankton distribution along the Peruvian coast In: Richards FA (ed) *Coastal Upwelling*. Am Geophys Union. Washington DC, :348-356.
- Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish eggs and larval survey. *FAO Fish. Tech. Pap.* 175. 100 p.
- Smith, P. 1995. A warm decade in the southern California bight. *CalCOFI Rep.* 36: 120-126
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson y R.H. Fleming. 1942. *The Oceans. Their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall N.Y. 1087 p.
- Varela, M. & E. Costas. 1987. Distribución del tamaño de las especies del fitoplancton en un área de afloramiento. *Inv Pesq* 51:70-105.
- Verdugo-Díaz, G. 1993. Estructura de las asociaciones microfítotopláctónicas, abundancia numérica total y fraccionada durante un ciclo anual (1988-1989) en el sistema lagunar Magdalena-Almejas, B.C.S. Tesis Profesional. UABCS. La Paz, B.C.S. México.
- Villareal, T.A. 1994. Widespread occurrence of the Hemiaulis-cyanobacterial symbiosis in the southwest north atlantic ocean. *Bull. Mar. Sci.* 54:1-7.
- Wolter, K. & M.S. Timlin 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index, p. 52-57 In: *Proceedings of the 17 Climate Diagnostics Workshop*, Norman, Oklahoma.
- Zuria-Jordán, I. L. 1994. Variaciones estacionales e interanuales de la biomasa fitoplanctónica derivada de satélite en la boca del Golfo de California y en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Zuria-Jordán, I. L., B. S. Alvarez, D. A. E. Santamaria & K. F. E. Muller. 1995. Estimación de biomasa fitoplanctónica, derivada de datos de satélite, frente a Baja California Sur. *Ciencias Marinas* 21:265-280.