

DEPREDACION SOBRE ESTADIOS TEMPRANOS DE LA ANCHOVETA NORTEÑA (*Engraulis mordax* GIRARD) EN LA ZONA COSTERA DE PLAYA SAN RAMON, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

PREDATION OF EARLY-LIFE STAGES OF THE NORTHERN ANCHOVY (*Engraulis mordax* GIRARD) IN THE NEAR SHORE ZONE OF SAN RAMON BEACH, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

Por/By

Luis Clemente Jiménez Pérez	1
Ma. Gregory Hamman	2
Ma. Teresa Gutiérrez Wing	2

¹ Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada,
Secretaría de Marina.

Vicente Guerrero No. 133. Ensenada, B. C.

² Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE)
Ave. Espinoza No. 834. Ensenada, B. C.

JIMENEZ PEREZ, L.C.; Hamman Gregory M.; Gutiérrez Wing M.T. 1985. Depredación sobre estadios tempranos de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax* Girard) en la zona costera de playa San Ramón, Baja California México. Predation of early-life stages of the northern anchovy (*Engraulis mordax* Girard) in the near shore zone of San Ramón Beach, Baja California, México. Ciencias Marinas 11 (1): 49-63 (15)

RESUMEN

Se realizaron nueve cruceros de ictioplancton durante el ciclo mayo de 1979 a marzo de 1980, enfrente de la Playa San Ramón, Baja California, México, con el propósito de determinar las posibles relaciones entre las abundancias (reportadas como índice larval) de huevos y larvas de anchoveta norteña, sus depredadores planctónicos, el zooplancton total y la temperatura del agua en una zona cerca de la costa. Los depredadores fueron separados en dos grupos: depredadores copépodos *Labidocera trispinosa*, *Labidocera jollae*, *Corycaeus* sp. y *Tortanus discaudatus*) y depredadores no copépodos (quetognatos, medusas y sifonóforos). Se concluye que el factor más importante que influyó en la abundancia de los huevos de anchoveta norteña fue la abundancia de los depredadores no copépodos y que los depredadores copépodos y la temperatura fueron de importancia secundaria.

ABSTRACT

Samples were taken during nine cruises (May 1979 - March 1980) in the nearshore zone in front of San Ramón Beach, Baja California, Mexico, to determine the possible relations between the abundance of northern anchovy eggs and larvae (reported as the larval index), their planktonic predators, zooplankton and water temperature. The predators were separated into two groups: copepod predators *Labidocera trispinosa*, *Labidocera jollae*, *Corycaeus* sp. and *Tortanus discaudatus*) and non-copepod predators (chaetognaths, medusae and siphonophores). We concluded that the abundance of non-copepod predators was the most important factor to influence the abundance of anchovy eggs in the nearshores zone studied and that the abundance of copepod predators and water temperature were factors of secondary importance.

INTRODUCCION

Uno de los principales aspectos en los estudios de dinámica de poblaciones del necton marino es la tasa de remplazamiento de sus stocks (Sette y Ahlstrom, 1948).

En la actualidad es posible hacer estimaciones de abundancia de los stocks "pescaables", pero es muy difícil predecir el reclutamiento. Este problema es particularmente importante en las poblaciones de clupeidos y engraulidos debido a la gran variabilidad natural que presentan sus patrones de abundancia (Hjort, 1914; 1926; Murphy, 1977).

En general, los clupeidos y engraulidos presentan una tendencia a expandir su ambiente después de saturar su área de distribución. Hewitt (1982), analizando los cambios en los patrones de abundancia de las larvas de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), encontró que el tamaño del stock durante 1951 - 79, se incrementó en 1-1/2 órdenes de magnitud en los primeros diez años y que posteriormente se presentaron importantes fluctuaciones.

Hewitt y Methot (1982), al analizar muestras de ictioplankton de los años de 1978-79, se encontraron que los desoves de la anchoveta en 1978 se redujeron en espacio y tiempo en relación a 1979. Estos investigadores consideraron que las condiciones ambientales pudieron ser determinantes en estos patrones de distribución y abundancia. En el año 1978 la temperatura de las aguas de la corriente de California fue aproximadamente 2°C más alta que la de 1979, por lo que estos investigadores consideraron que el cambio en la abundancia de las larvas en 1979 podía ser debida a una "reacción termal".

La anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) es un pez plantófago tanto en su estado adulto como en sus diferentes estadios larvales más avanzados (Luévano *et al.* en prep.; Hunter, 1981), y durante este tiempo se ve expuesta a la presión de depredación de una variedad de animales planctónicos (Lillelund y Lasker, 1971; Alvariño,

INTRODUCTION

One of the principal aspects of population dynamic studies of marine nekton is the recruitment or replacement rate of individuals to the stocks (Sette and Ahlstrom, 1948).

Actually, although it is possible to estimate the abundance of fishable stocks, it is very difficult to predict stock recruitment. This problem is particularly important for populations of clupeids and engraulids due to the great natural variability in their abundance patterns and engraulids due to the great natural variability in their abundance patterns (Hjort, 1914, 1926; Murphy, 1977).

In general, clupeids and engraulids tend to expand their environment after saturating their area of distribution. Hewitt (1982), while analyzing changes in abundance patterns of northern anchovy larvae (*Engraulis mordax*), found that the stock size during 1951-79 incremented by 1 1/2 orders of magnitude in the first ten years and later showed important fluctuations.

Hewitt and Methot (1982), analyzing ichthyoplankton samples from 1978-79, found that the anchovy spawning in 1978 was reduced in time and space in relation to 1979. These researchers considered that environmental conditions could have determined these patterns of distribution and abundance. In 1978, the water temperature in the California current was about 2°C higher than in 1979, for which it was thought that the change in larval abundance in 1979 could be due to a "thermal reaction".

The northern anchovy (*Engraulis mordax*) is a planktivorous fish in all life stages (Luévano *et al.*, in prep.; Hunter, 1981) and during its larval stages it is exposed to predation pressure from a great variety of planktonic animals (Lillelund and Lasker, 1971; Alvariño, 1976). Therefore, it is possible that the abundance changes shown by Hewitt and Methot (1982) are at least partly due to the type and amount

1976), por lo que es muy posible que los cambios en la abundancia que señalan Hewitt y Methot (1982) se deben, al menos en parte, a la disponibilidad y tipo de alimento (Lasker *et al.*, 1970; O'Connel y Raymond, 1970; Hunter, 1972), a la competencia por alimento y/o a las diferencias en la presión de depredación (Murphy, 1977) Brewer *et al.*, (1984) encontraron que tres especies de copépodos (*Corycaeus anglicus*, *Labidocera trispinosa* y *Tortanus discaudatus*) y otras especies de zooplancton fueron depredadores importantes de larvas de peces en una zona costera de la bahía de Santa Monica, California, E.U.A. Aunque estudios recientes sugieren que la zona costera no es preferida sobre la zona oceánica como un área de desove, es posible que exista una diferencia en sobrevivencia larval entre las dos zonas (Brewer y Smith, 1982; Hewitt y Brewer, 1983). Hewitt y Brewer (1983) encontraron que en los primeros días de vida larval existe mayor mortalidad posiblemente debida a la depredación. Para las larvas mayores que 30 días de edad, se sugirió que la zona costera es muy importante como un criadero debido a las grandes concentraciones de alimento y su mayor potencial para resistir la depredación. Alvaríño (1976) resume la información existente sobre la importancia de quetognatos, medusas, sifonóforos, anfípodos y algunas especies de copépodos como depredadores potenciales de larvas de peces.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio es determinar el grado de influencia que tienen la temperatura y la abundancia de varios tipos de depredadores sobre la abundancia de huevos y larvas de la anchoveta norteña, *Engraulis mordax* en una franja costera enfrente de Playa San Ramón, Baja California, México.

MATERIALES Y METODOS

Los datos analizados en este trabajo fueron obtenidos de las muestras de nueve cruceros realizados en la costa de Playa San Ramón, Baja California, México (Fig.1), en el período de mayo de 1979 a marzo de 1980, como parte del programa de plancton del proyecto "Bivalvos de Baja California",

of prey available (Lasker *et al.*, 1970; O'Connel and Raymond, 1970; Hunter, 1972), competition for food, and/or to differences in predation pressure (Murphy, 1977). Brewer *et al.* (1984), found that three species of copepods (*Corycaeus anglicus*, *Labidocera trispinosa* and *Tortanus discaudatus*) and other zooplankton species were important predators of fish larvae in the near shore zone of Santa Monica Bay, California, U.S.A. Although recent studies suggest that the nearshore zone is not preferred over the oceanic zone for spawning, it is possible that there is a difference in the survival of the larvae (Brewer and Smith, 1982; Hewitt and Brewer, 1983). Hewitt and Brewer (1983) found that in the first few days of larval life there is greater mortality, possibly due to predation, in the near shore zone. However, for larvae older than 30 days, they suggested that the nearshore zone may be very important as a nursery area due to its greater concentration of prey items and to the larvae's greater ability to resist being preyed upon. Alvaríño (1976) summarized the existing information about the importance of chaetognaths, medusae, siphonophores, amphipods and some species of copepods as potential larval fish predators.

OBJETIVE

The objective of this study is to determine to what degree the water temperature and predator abundance influence the abundance of eggs and larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax*, in the near shore zone of San Ramón Beach, Baja California, México.

METHODS AND MATERIALS

Data analyzed in this paper was obtained from nine cruises of San Ramón Beach, Baja California, México (Fig. 1), during May, 1979 to March, 1980, as part of the plankton program in the Baja Californian Bivalves Project, Pismo clam section, of the Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. The total surface area of the study zone was $3.46 \times 10^5 \text{ m}^2$.

Sección almeja pismo, que desarrollo el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California. El área de superficie total de la zona de estudio fue $3.46 \times 10^5 \text{m}^2$.

Para la toma de muestras se fijaron un total de siete estaciones a lo largo de la costa (Fig. 1), mismas que no siempre pudieron ser muestreadas debido a las condiciones meteorológicas de la zona (Tabla 1). En cada estación se hizo un arrastre superficial perpendicular a la costa, desde el lugar más cercano posible a la rompiente. El tiempo de arrastre fue de cinco minutos para el período mayo-agosto de 1979 y diez minutos para el resto del estudio con un promedio de $0.9837 \pm 0.1317 \text{m}^3/\text{min}$ de arrastre de volumen de agua filtrada. La velocidad fue aproximadamente dos nudos.

TABLA I. Muestreos realizados.
Samples taken.

Año	Mes	Día	No. estaciones
1979	Mayo	25	4
	Junio	13	4
	Julio	12	7
	Agosto	6	7
	Septiembre	6	7
	Noviembre	18	7
	Diciembre	18	7
1980	Enero	13	7
	Marzo	18	6

Las muestras fueron recolectadas con una red de apertura y cierre automático tipo Clarke-Bumpus, de un diámetro de boca de 12.4 cm. Se utilizó una luz de malla de 390 micras, y el material recolectado fue fijado con formol al 4% neutralizado con borato de sodio y llevado al laboratorio para su análisis.

En el laboratorio las muestras fueron separadas por grupos taxonómicos y la fracción correspondiente al total de huevos y larvas fue identificada y cuantificada.

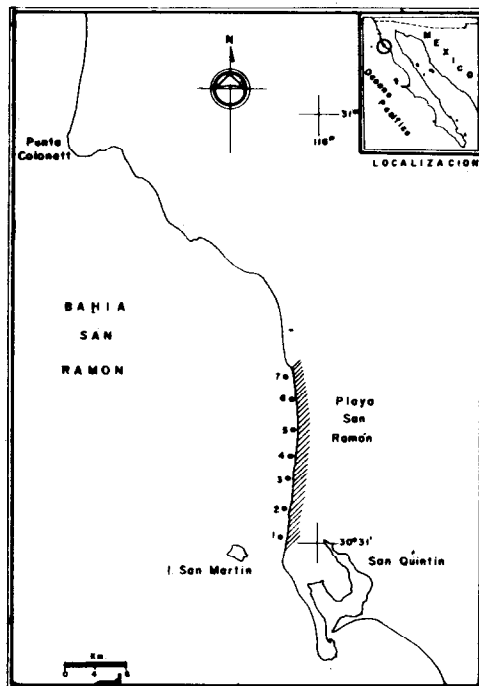


Fig. 1. Localización de las estaciones de muestreo
— Location of the sampling stations.

Seven stations were fixed along the beach (Fig. 1) although all could not always be sampled due to rough conditions (Table I). At each station a surface sample was taken perpendicular to the beach from as close as possible to the surf. During the period May-August, 1979, the trawls were of five minutes, while for the rest of the study they were for ten minutes. The average volume of water filtered per trawl minute was 0.9837 to $0.1317 \text{m}^3/\text{min}$, at a velocity of approximately two knots.

Samples were collected with an opening-closing Clarke-Bumpus net of 12.4 cm mouth diameter and 390 micron mesh. Samples were then preserved in a solution of 4% formaldehyde neutralized with sodium borate.

In the laboratory, samples were separated into taxonomic groups and the fish eggs and larvae were identified and counted.

Para determinar las posibles relaciones entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta y los diferentes factores ambientales, se hicieron análisis de correlación (r), y para observar las posibles relaciones entre los parámetros en el tiempo, se hicieron análisis de correlación entre abundancias de huevos y larvas y las abundancias de depredadores y plancton total del mes siguiente.

Con el objetivo de determinar la importancia que ejercen los copépodos depredadores sobre las variaciones temporales de huevos y larvas, los depredadores totales fueron separados en dos categorías: depredadores copépodos y depredadores no copépodos. Dentro de la categoría de depredadores copépodos solamente se incluyeron las abundancias de las poblaciones de *Labidocera trispinosa*, *Labidocera jollae*, *Corycaeus sp* y *Tortanus discaudatus*. Los depredadores no copépodos incluyen las abundancias de quetognatos, medusas y sifonóforos.

Los índices de abundancia larval mensuales y estacionales fueron estimados utilizando la técnica descrita por Smith y Richardson (1979).

RESULTADOS

Variaciones temporales

En las Figuras 2 y 3 se muestran variaciones temporales de los promedios de las diferentes variables ecológicas consideradas. En la figura 2A se observa que la temperatura del agua mostró un comportamiento muy irregular, con un rango de valores de 15.1 a 17.5°C. Estos valores máximo y mínimo correspondieron a los meses de septiembre y diciembre de 1979 respectivamente. Contra lo que se esperaba, el mes de agosto presentó uno de los valores más bajos dentro del ciclo anual estudiado (15.4°C).

Los promedios mensuales de las abundancias de los depredadores planctónicos oscilaron dentro de un rango de 7 a 63 individuos/10m³, alcanzando sus valores mínimos en mayo y junio de 1979 y el valor máximo en marzo de 1980 (Fig. 2B).

To determine the possible relations between the abundance of anchovy eggs and larvae and different environmental factors, the correlation (r) between these factors was calculated. To observe seasonal changes, the correlations between anchovy eggs and larval abundance and the next month's predator and zooplankton abundance were also calculated.

To determine the importance of various predator types in the seasonal variation of anchovy eggs and larvae, the predators were divided into two groups: copepod predators and non-copepod predators. In the copepod predator group, only the following four species are included: *Labidocera trispinosa*, *Labidocera jollae*, *Corycaeus sp* and *Tortanus discaudatus*. The non-copepod predators group includes chaetognaths, medusae and siphonophores. The monthly and seasonal larval abundance index was calculated following Smith and Richardson (1979).

RESULTS

Temporal variations

In figures 2 and 3 the temporal variations in the averages of the different ecological parameters considered can be seen. Figure 2A shows that the water temperature behaved quite irregularly, ranging between 15.1 and 17.5°C. The maximum and minimum values corresponded with September and December of 1979 respectively. Unusually, August was one of the coldest months (15.4°C) during the annual cycle we studied.

The monthly averages of the planktonic predator abundance oscillated within a range of 7 to 63 individuals /10 m³, reaching minimum values in May and June, 1979, with the maximum value in March of 1980 (Fig. 2B).

Figure 2C shows the temporal variation in the averages of anchovy egg abundance. Generally it is possible to observe that as the larvae, the eggs tend to be more abundant during the months of autumn-winter and at the beginning of spring. In this case, the values ranged from 0 to 21 eggs/10 m³, corresponding to May, 1979, and March,

DEPREDACION SOBRE ESTADIOS TEMPRANOS DE LA ANCHOVETA NORTEÑA

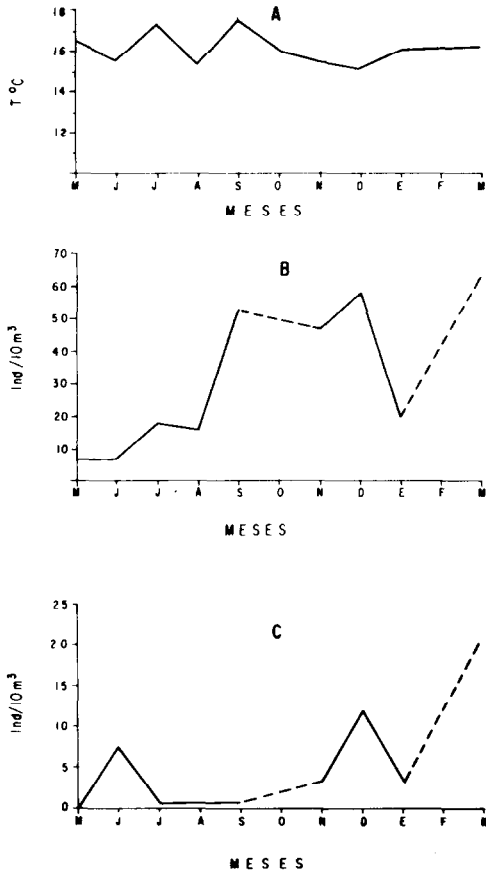


Fig. 2. Variación temporal de los promedios mensuales de: A) temperatura de agua, B) abundancia de depredadores totales y C) huevos de anchoveta noroesteña.
 - Seasonal variation in the monthly average: A) water temperature, B) total predator abundance and C) anchovy egg abundance.

En la Figura 2C se muestra la variación temporal de los promedios de abundancia de los huevos de anchoveta. En general, es posible observar que al igual que las larvas de esta especie, tienden a ser más abundantes en los meses de otoño-invierno y principios de primavera. En este caso, el rango de valores fue de 0 a 21 huevos/10m³ correspondiendo a los meses de mayo de 1979 y marzo de 1980 respectivamente.

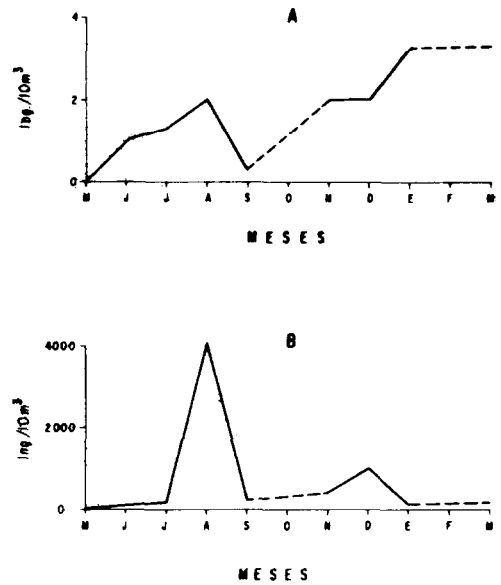


Fig. 3. Variaciones temporales de las abundancias de: A) larvas de anchoveta noroesteña y B) zooplancton total.
 - Seasonal variation in: A) anchovy larvae abundance and B) total zooplankton abundance.

1980, respectively. The monthly averages of larval abundance ranged from 0 to 3 larvae/10 m³ (Fig. 3A).

Figure 3B shows the temporal variation in the total zooplankton (excluding anchovy eggs and larve and planktonic predators) where a bimodal cycle in abundance can be seen. The first peak was detected in August of 1979 while the second, less important, was detected in December. The monthly averages oscillated between 52 to 4,050 individuals/10 m³, corresponding to May and August of 1979.

Abundance index estimates

Tables II and III show the estimated abundance of anchovy larvae *E. mordax* based on the abundance of eggs. The highest

TABLA II. Resumen de datos de abundancia de huevos de anchoveta (No. de huevos/10 m²) enfrente de Playa San Ramón (factor areal 3.46 x 10⁴) y estimaciones del índice larval mensual. Data summary of egg and larvae abundance (no. of eggs/10 m²) off-shore of San Ramón beach, Baja California (Areal factor 3.46 x 10⁴) and estimations of the monthly larval index.

Fecha	# est./ # pos.	o/o pos.	# h	X #h	des. est.	log # h	des est. log # h	(2) estim. huevos	#(x10 ⁴)
'79 mayo	4/10	0.0	0	00	0.0	—	—	0.00	
junio	4/2	0.5	88	44	46.7	1.46	0.59	76.12	
julio	4/1	0.25	10	10	0.0	1.00	0.00	8.65	
agos.	7/10	0.0	0	00	0.0	—	—	0.00	
sept.	7/4	0.57	48	12	6.9	1.03	0.23	23.67	
nov.	7/5	0.71	111	22	26.2	1.10	0.52	54.54	
dic.	7/5	0.71	479	96	100.4	1.71	0.60	235.34	
'80 enero	7/5	0.71	74	14.8	13.5	1.07	0.12	36.36	
marzo	6/5	0.83	594	119	83.0	1.93	0.25	341.17	

TABLA III. Resumen de datos estadísticos y estimación de índice de abundancia de huevos de anchoveta (L) estacional (Factor areal 3.46 x 10⁴). Data summary and estimations of the seasonal abundance index for anchovy eggs (L) Areal factor 3.46 x10⁴).

Estación	# est./ #pos.	o/o pos.	# h	X # h	des. est.	log # h	des. est. log # h	(2) estim. huevos	# (x10 ⁴)
1979									
Primavera	4/2	0.5	88	44	46.0	1.46	0.597	76.12	
Verano	11/7	0.45	58	97	74.0	1.80	0.523	17.17	
Otoño	14/10	0.71	590	59	79.0	1.40	0.615	137.82	
Invierno	7/5	0.71	74	15	14.0	1.06	0.117	34.57	
1980									
Primavera	6/5	0.83	594	119	83.0	1.93	0.246	341.17	

Los promedios mensuales de la abundancia de larvas presentaron un rango de valores de 0 a 3 larvas/10 m³ (Figura 3A).

En la Figura 3B se muestra la variación temporal del zooplancton global (excluyendo huevos, larvas de anchoveta y

value, obtained in March 1980, was 594 eggs/10 m² surface area. December, 1979, had the second highest egg abundance (479 eggs/10 m²) followed by November in the same year (111 eggs/10 m²). Table III shows the seasonal variation fo larval index.

depredadores planctónicos donde se aprecia un ciclo de abundancia bimodal, en el cual el primer pico de abundancia se detectó en el mes de agosto, y el segundo, relativamente menos importante, en el mes de diciembre. En este caso los valores oscilaron dentro de un rango de abundancia mensual promedio de 52 a 4,050 individuos/10 m³, y corresponden a los meses de mayo y agosto de 1979.

Estimaciones del índice larval

Las Tablas II y III muestran las estimaciones del índice larval de la anchoveta (*E. mordax*) en base a las abundancias de huevos. En general se muestra que el valor más alto fue de 594 huevos/10 m² de superficie y fue detectado en el mes de marzo de 1980. Le siguió en orden de importancia el mes de diciembre de 1979, con un valor de 479 huevos/10 m² y posteriormente en el mes de noviembre del mismo año con un valor de 111 huevos/10 m² de superficie. **En la Tabla III se muestra la variación temporal de índice larval por estación del año.**

En general, en la Tabla III se observan valores relativamente altos en el índice larval para los meses de otoño y primavera, siendo este último mucho más importante que el estimado para la primavera de 1979 (341 contra 76 respectivamente), lo que indica que la época de mayor actividad reproductiva ocurre a fines de invierno y principios de primavera. Se detectaron valores mínimos en los meses de verano.

En las Tablas IV y V se muestran los valores de abundancia de las larvas (promedio por estación positiva) y las estimaciones del índice larval en base a las abundancias de las larvas. En la Tabla IV es posible observar que la mayor abundancia de larvas se detectó en el mes de marzo de 1980. En ro de estaciones con larvas (83% de las estaciones). Los meses de noviembre y diciembre de 1979 también presentaron relativamente altos valores de abundancia de larvas. (Tabla V).

En la Tabla IV se muestra el resumen de los datos de abundancia de larva por estación positiva (aquella con presencia de hue-

The months of autumn and spring generally showed the greatest egg abundance although spring of 1979 was much lower than that of 1980 (79 vs. 341). Since the data from 1979 represent late spring while those from 1980 represent early spring, this indicates that the major reproductive activity occurs at the end of winter and beginning of spring; the lowest values were detected during summer.

Tables IV and V show the estimated abundance of anchovy larvae (average per positive station). The greatest larval abundance was detected in March, 1980 (Table IV), when the largest percentage of stations where larvae were caught (83 %) was found. November and December of 1979 also showed a relatively high abundance of larvae (Table V).

Table IV shows the data summary of larval abundance for positive stations (those where larvae were caught) and the estimations of the larval abundance index, grouped by season. It can be seen that the greatest reproductive activity occurred at the beginning of spring.

Relations between the variables

The results of the correlation analysis between the larval index and the monthly average water temperature, remanent total zooplankton abundance, total predator abundance, and the abundance of copepod predators and non-copepod predators, showed that the parameters with significant correlations with the larval index were egg abundance ($r = 0.628$) and the abundance of total predators ($r = 0.600$). Within the group of total predators, non-copepod predators were found to be the most highly correlated ($r = 0.730$) (Table VI).

The results of the correlations between the abundances of anchovy eggs and larvae, and the abundance of total remanent zooplankton with the next months abundances of anchovy eggs and larvae and total predators, showed a strong correlation between the abundance of anchovy eggs and that of their predators ($r = 0.728$).

TABLA IV. Resumen de datos de abundancia de larvas de anchoveta y estimación del índice larval (L) mensual.
Data summary of anchovy larvae abundance and estimations of the seasonal larval index (Areal factor $3,46 \times 10^4$).

Fecha	# est./ # pos.	o/o pos.	# larvas	X # larvas	des. est.	log # lar.	des. est. log # lar.	(2) estim. larvas	# ($\times 10^4$)
'79 mayo	4/1	0.25	11	11	0.00	1.04	0.00	9.52	
junio	4/1	0.25	11	11	0.00	1.04	0.00	9.52	
julio	7/3	0.43	39	13	6.08	1.09	0.19	19.34	
agos.	7/2	0.29	44	22	18.40	1.25	0.42	22.07	
sept.	7/1	0.14	5	5	0.00	0.70	0.00	2.42	
nov.	7/4	0.57	54	13.5	16.40	0.92	0.46	26.62	
dic.	7/4	0.57	65	16.3	18.00	1.04	0.52	32.05	
'80 enero	7/4	0.57	25	6.25	2.63	0.76	0.19	12.33	
marzo	6.5	0.83	91	18.2	14.90	1.07	0.50	52.27	

TABLA V. Resumen de datos de abundancia de larvas de anchoveta y estimaciones estacionales del índice larval)Factor areal 3.46×10^4 .
Data summary of larval abundance of anchovy larvae and estimations of the monthly larval index (L).

Estación	# est./ # pos.	o/o pos.	# larvas	X # larvas	des. est.	log # lar.	des. est. log # lar.	(2) estim. larvas	# ($\times 10^4$)
1979									
Primavera	8/2	0.70	22	11	0.00	1.04	0.00	26.64	
Verano	11/6	0.54	88	15	16.20	1.08	0.30	14.55	
Otoño	14/8	0.60	119	15	16.00	0.98	0.41	29.40	
Invierno	7/4	0.60	25	6.3	2.60	0.76	0.19	12.33	
1980									
Primavera	6/5	0.80	91	18	14.90	1.08	0.50	52.27	

vos o larvas) y las estimaciones del índice larval agrupados por estación del año, y también muestra que la mayor actividad reproductiva ocurrió a principios de primavera.

Relaciones entre las variables

Los resultados de los análisis de correlación entre los índices larvales y los promedios mensuales de temperatura, abundancia de zooplancton global remanente, y abundancias de depredadores totales, copépodos depredadores y depredadores planctónicos

This was the highest correlation between the considered variables and the only variable statistically significant (Table VII).

The temporal relations between the abundance of anchovy eggs and larvae and the abundance of total remanent zooplankton, showed positive correlations only with the larvae in July ($r = 0.633$), September ($r = 0.800$) and March ($r = 0.607$) (Table VIII and Fig. 4A). Anchovy eggs were found to be strongly correlated with the abundance of their predators positively in

DEPREDACION SOBRE ESTADIOS TEMPRANOS DE LA ANCHOVETA NORTEÑA

no copépodos mostraron que los parámetros que presentaron una relación significativa con los valores del índice larval fueron la abundancia de huevos ($r = 0.628$) y la abundancia de depredadores totales ($r = 0.600$). Se ve que dentro del grupo de depredadores totales, los depredadores no copépodos son los más correlacionados ($r = 0.730$) (Tabla VI).

Los resultados de las correlaciones entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta y zooplancton global remanente, con las abundancias de huevos y larvas de anchoveta y de depredadores del mes siguiente, mostraron la existencia de una fuerte correlación entre las abundancias de huevos de anchoveta y depredadores del mes siguiente ($r = 0.728$), siendo este valor el mayor de los pares de variables considerados y el único significativo desde el punto de vista estadístico (Tabla VII).

Las relaciones temporales entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta y la abundancia de zooplancton remanente, mostraron correlaciones positivas significativas únicamente para las larvas en los meses de julio ($r = 0.633$), septiembre ($r = 0.800$) y marzo ($r = 0.607$) (Tabla VIII y Fig. 4A). Para el caso de sus relaciones con los depredadores totales, se ve que los huevos están fuertemente correlacionados positivamente en junio ($r = 0.918$) y negativamente en marzo ($r = 0.708$), mientras que para el resto del año los huevos mostraron ligeras correlaciones negativas con los depredadores (Tabla VIII y Fig. 4B). Las larvas no se ven correlacionadas negativamente con los depredadores, sino positivamente en septiembre ($r = 0.663$) y otra más fuerte en marzo ($r = 0.831$) (Tabla VIII y Fig. 4B).

DISCUSION

Los resultados obtenidos en relación con el posible efecto de la temperatura del agua sobre las variaciones temporales de las abundancias de huevos y larvas de anchoveta en el plancton de Playa San Ramón, sugieren que la temperatura del agua no fue un factor muy importante en las fluctuaciones temporales de los niveles de abundancia de

June ($r = 0.918$) and negatively in March ($r = -0.708$). During the rest of the year, the egg abundance was slightly negatively correlated with that of their predators (Table VIII and Fig. 4B). The abundance of larvae was not negatively correlated with the abundance of predators, but positively correlated in September ($r = 0.633$) and again in March ($r = 0.831$) (Table VIII and Fig. 4B).

TABLA VI. Análisis de correlación entre los promedios mensuales de las diferentes variables ecológicas. Correlation analysis between the monthly averages of the different variables.

	Índice L.	Temp.	Depredador total	Depredador copepodo	Depredador no copepodo
Temp.	-0.397				
Depred. T.	0.600	-0.260			
Depred. cop.	0.287	-0.243	0.848		
Depred. No. copepodo	0.730	-0.195	0.838	0.421	
Huevos	0.628	-0.305	0.399	0.085	0.596

TABLA VII. Análisis de correlación entre los promedios mensuales de las abundancias de larvas, huevos y zooplancton remanente y las abundancias de los depredadores, huevos y las larvas del mes siguiente. Correlation analysis between the monthly averages of the larval, egg and remanent zooplankton abundances and the average abundances for the following month of total predators, larvae and eggs.

	MES SIGUIENTE		
	Depredadores	Larvas	Huevos
Larvas	-0.095		
Huevos	0.728	0.134	
Zooplancton	0.571	-0.095	0.144

DISCUSSION

The results obtained in relation to the possible thermal effect over the temporal variations in the abundances of anchovy eggs

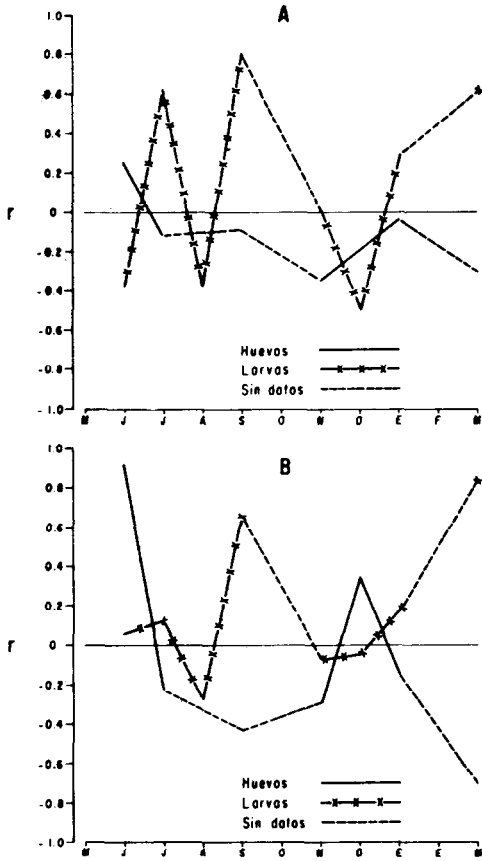


Fig. 4. Correlaciones mensuales entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta norteña y abundancias de A) zooplancton remanente y B) depredadores totales.

— Monthly correlations between the abundance of eggs and larvae of northern anchovy and the abundance of A) remanent zooplankton and B) total predators.

huevos y larvas de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), pues los coeficientes de correlación entre los promedios mensuales de temperatura y los valores mensuales de los índices larvales de huevos y larvas fueron muy bajos ($r = 0.397$ y $r = 0.305$ respectivamente). Esto difiere de la "respuesta termal" mencionada en Hewitt y Methot (1982) pero puede ser explicado debido a que las escalas de los dos estudios son muy diferentes. Hewitt y Methot (1982) utilizaron muestras y datos de toda la región de la corriente de California, una escala muy gran-

TABLA VIII. Análisis de correlación entre las abundancias de huevos y larvas de anchoveta norteña y las abundancias promedio de los depredadores totales y el zooplancton remanente (sin incluir huevos, larvas y depredadores).

Correlation analysis between the average abundances of northern anchovy eggs and larvae and the average abundances of the total predators and the remanent zooplankton.

Mes	ZOOPLANCTON		DEPREDADORES	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
Mayo	—	—	—	—
Junio	0.247	-0.382	0.918	0.067
Julio	-0.110	0.633	-0.223	0.123
Agosto	—	-0.382	—	-0.273
Sept.	-0.091	0.800	-0.434	0.663
Oct.	nd	nd	nd	nd
Nov.	-0.341	0.020	0.297	0.078
Dic.	-0.198	-0.511	0.345	-0.046
Enero	-0.041	0.281	-0.145	0.173
Feb.	nd	nd	nd	nd
Marzo	-0.301	0.607	-0.708	0.831

nd = no datos por falta de muestreo.

nd = no data because of the lack of sampling.

and larvae in the plankton of San Ramón Beach, suggest that the water temperature was not an important factor; the correlation coefficients between the monthly temperature averages and the abundance of eggs and larvae were low ($r = -0.397$ and $r = -0.305$ respectively). This differs from the "thermal response" mentioned by Hewitt and Methot (1982), although it may be explained by the difference in scale between the two studies. Hewitt and Methot (1982) sampled all the region of the California current, a large scale program in an oceanic zone, while in our study, we sampled a small band of water; a fine scale in a nearshore zone.

The results of the correlation analysis between the monthly values of the larval index and the monthly averages of the total

de de zona oceánica, mientras que en nuestro programa, se estudió una franja litoral, una escala muy fina de zona costera.

Los resultados de los análisis de correlación entre los valores mensuales del índice larval y los promedios mensuales de la abundancia de los depredadores totales mostraron la existencia de una correlación positiva ($r = 0.600$). Se ve que dentro de este grupo los depredadores no copépodos son los más importantes ($r = 0.730$). Esta coexistencia de larvas de anchoveta y sus depredadores indica que existe un fuerte potencial de depredación.

La importancia de los procesos de depredación por parte de animales del mismo plancton sobre las comunidades planctónicas, ha sido bien documentada principalmente en base a experiencias de laboratorio. Lillelund y Lasker (1971) mostraron que once especies de copépodos comunes en la región son capaces de capturar o lastimar fatalmente a las larvas de anchoveta. Alvaríño (1980), estudiando los niveles de abundancia de larvas de anchoveta en la región de la corriente de California y su co-ocurrencia con los principales grupos de depredadores planctónicos de larvas, encontró la existencia de una relación inversa entre la abundancia de todas las especies de depredadores combinadas y la abundancia de larvas de anchoveta.

Con respecto a las relaciones temporales entre la abundancia de huevos de anchoveta con la de depredadores totales, los resultados muestran un alta coexistencia de huevos y depredadores en el mes de junio ($r = 0.018$), mientras que en marzo se detectó una correlación negativa ($r = 0.708$), indicando una relación inversa entre la abundancia de huevos y la abundancia de depredadores. Aunque Hunter (1981) sugiere que esto puede indicar que la anchoveta norteña desova más intensamente en áreas donde los depredadores planctónicos son raros, Alvaríño (1980) reporta esta relación inversa en el sentido de depredación. La correlación positiva encontrada en junio puede deberse a que inicialmente después del desove, la abundancia de huevos estimula un aumento en la abundancia de depredadores como respuesta a una mayor disponibilidad de alimento.

planktonic predator abundance showed a positive correlation ($r = 0.600$). Within this group, the non-coepod predators were the most important ($r = 0.730$). This co-occurrence of anchovy larvae with their predators indicates that a strong potential of predation may exist.

The importance of predation by planktonic animals has been very well documented principally based on laboratory experiments. Lillelund and Lasker (1971) showed that 11 species of copepods common to the region were capable of capturing or fatally damaging anchovy larvae. Alvaríño (1980), studying abundance levels of anchovy larvae in the region of the California current and their co-occurrence with principal groups of planktonic fish larvae predators, found the existence of an inverse relation between the abundance of all combined predator species and the abundance of anchovy larvae.

In reference to the temporal relations between the abundance of anchovy eggs and that of the total predators, a high degree of co-occurrence was found in June ($r = 0.918$), while in March a negative correlation ($r = -0.708$) was found, indicating an inverse relation between the abundance of anchovy eggs and their predators. Although Hunter (1981) suggests that this may indicate that the northern anchovy spawn more intensely in areas where the planktonic predators are scarce, Alvaríño (1980) reports that inverse relation as predation. The positive correlation found in June may be due to that initially after the spawning, the abundance of eggs stimulates an increase in the abundance of predators as a response to a greater availability of prey. With more predators feeding, an inverse relation indicating a progressive decrease in food availability will soon be noted. This idea is supported by the positive correlation found between the eggs abundance and the following months abundance of predators.

It was suggested that the midnight spawning of the northern anchovy (Hunter and Goldberg, 1980) is a strategy designed to reduce the intense predation because the eggs are transported to open waters by the

Esta idea está apoyada por la correlación positiva entre la abundancia de huevos y los depredadores del mes siguiente.

De acuerdo con Hunter y Goldberg (1980), la anchoveta norteña desova principalmente durante la medianoche. También se sugiere que esta estrategia de desove puede reducir la intensa depredación debido a que los huevos son transportados por las corrientes hacia mar abierto, lejos de los planctívoros costeros (Hunter, 1981), por lo que nuestro estudio viene a apoyar la idea de la importancia de los procesos de depredación en la estructura de las comunidades planctónicas costeras y en la mortalidad de los huevos de peces que permanecen en aguas litorales. Hewitt y Brewer (1983) encontraron mayor mortalidad de larvas menores de 30 días de edad en la zona cerca de la costa.

Al examinar las correlaciones mensuales entre la abundancia de larvas de anchoveta y la abundancia de los depredadores, no se encuentra una relación negativa significativa, sino positiva en septiembre ($r = 0.663$) y aún mayor en marzo ($r = 0.831$). Esto, como en el caso de los huevos, puede indicar que los depredadores respondieron a la abundancia de sus recursos alimenticios representando, entonces, un fuerte potencial de depredación sobre las larvas. Es importante mencionar que no hubo una correlación importante entre la abundancia de los huevos y la abundancia de las larvas del mes siguiente ($r = 0.134$). Tampoco la hubo entre la abundancia de larvas y la de los depredadores del mes siguiente ($r = 0.095$). Esto nos puede indicar varias cosas. Primero, que la depredación sobre huevos era más importante que aquella sobre larvas. Segundo, que habiendo tantos factores que influyen la sobrevivencia de los huevos, su abundancia no está directamente reflejada en la futura abundancia de las larvas. Quizá lo que puede ser más importante es que nuestro muestreo no fue muy eficiente para las larvas, sufriendo una fuerte evasión por las mismas. La red Clarke-Bumpus, por su reducido tamaño de boca y la turbulencia causada por las bridas enfrente de ella, no puede capturar con eficiencia organismos planctónicos de mayor tamaño y movilidad. Es posible que esto también explique la variación

currents, far from the coastal planktivores (Hunter, 1981). Our study supports the idea of the importance of predation processes on the structure of coastal planktonic communities and on the mortality of fish eggs that remain in littoral waters. Hewitt and Brewer (1983) found greater mortality in larvae younger than 30 days in the near-shore zone.

In examining the monthly correlations between anchovy larval abundance and predator abundance, no significant negative correlations were found. Positive correlations were found in September ($r = 0.663$) and even larger in March ($r = 0.831$). This, as in the case of egg abundance, may indicate that the predators responded to the abundance of their food source representing, therefore, a strong potential of predation. It is important to mention that there was no significant correlation between the egg abundance and the following months abundance of larvae ($r = 0.134$). Furthermore, no correlation was found between the larvae abundance and that of the predators the following month ($r = 0.095$). This may be interpreted in several ways. First, it may indicate that there was more predation on eggs than on larvae. Second, that there are so many factors influencing the survival of anchovy eggs, that their abundance may not be directly reflected in the future abundance of larvae. Perhaps more important, this may be interpreted as a sampling problem. Our sampling was not very efficient for capturing larvae, probably suffering a high degree of evasion. The Clarke-Bumpus net, with its small mouth size and the turbulence caused by the tow-bridles does not sample effectively the larger and more mobile planktonic organism. This may partly explain the variation in the monthly correlations between the larvae abundance and that of their predators, and also the lack of significant negative correlations.

In conclusion, we found that unlike that found by Brewer *et al.* (1984), the non-copepod predators (chaetognaths, medusae and siphonophores) were more important predators than the copepod predators and that, at least for eggs in our study

en las correlaciones mensuales entre la abundancia de larvas y la de sus depredadores, así como el hecho de que no hubo una correlación negativa importante.

En conclusión, entonces, encontramos que, a diferencia de lo que se encontró en Brewer *et al.* (1984), los depredadores no copépodos (quetognatos, medusas y sifonóforos) fueron más importantes que los depredadores copépodos y que, por lo menos para los huevos en esta zona, la depredación fue el factor más importante que influyó en su abundancia. También, se encontró que la temperatura juega un papel de importancia secundaria en la sobrevivencia de los estadios tempranos de la anchoveta norteña.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo y asesoría del Ocean. Víctor Gendrop Funes y la Dra. Elizabeth Orellana Cepeda por el desarrollo de este trabajo. También agradecemos al Ocean. Manuel Mancilla Peraza, Jefe de la Estación de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina en Ensenada, por permitir al primer autor terminar este trabajo en su tiempo de labores. Queremos agradecer a los señores Norberto Castro, Roberto Vázquez, Pedro Márquez y Edmundo Hernández por su participación en varias etapas de este proyecto. Agradecemos los comentarios valiosos de dos revisores anónimos. Este trabajo resulta de la tesis de licenciatura del primer autor de la Escuela de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.

LITERATURA CITADA

- ALVARIÑO, A. 1976. Depredadores plactónicos y la pesca. Mem. V Congreso de Oceanografía, Guaymas, Son., México. pp 141-160.
- 1980. The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 21: 150-160.
- BREWER, G. D. y P. E. Smith, 1982. Northern anchovy and Pacific sardine spawning of southern California during 1978-80: preliminary observations on the importance of the nearshore coastal region. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 23: 160-171.

area, predation was the factor that influenced most in the monthly changes in their abundances. Furthermore, we found that temperature played a secondary role in the determination of early-life survival in the northern anchovy.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the support and helpfull guidance of Oc. Victor Gendrop F. and Dr. Elizabeth Orellana C. during the development of this study. We also thank Oc. Manuel Mancilla P., Head of the Estación de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina en Ensenada, who permitted the first author to work on this project. Norberto Castro, Roberto Vázquez, Pedro Márquez and Edmundo Hernández receive special mention for their participation in various stages of this study. Finally we thank the many helpfull suggestions and comments from two anonymous reviewers. This paper forms part of the professional thesis of the first author from the Escuela de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.

- BREWER, G. D., G. S. Kleppel y M. Dempsey. 1984. Apparent predation on ichthyoplankton by zooplankton and fishes in nearshore waters of southern California. Marine Biology. 80: 17-28.
- HEWITT, R. R., 1982. Spatial pattern and survival of anchovy larvae: Implications of adult reproductive strategy. Ph. D. Tesis, cap. IV, UCSD.
- HEWITT, R. P. y G. D. Brewer. 1983. Nearshore production of young anchovy. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 24: 235-244.
- HEWITT, R. R. y R. D. Methot Jr., 1982. Distribution and mortality of northern anchovy larvae in 1978 and 1979. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 23: 226-245.
- HJORT, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 20: 1-222.
- , 1926. Fluctuations in the year classes of important food fishers. J. Cons. Int. Explor. Mer. 1: 1-38.
- HUNTER, J. R. 1972. Swimming and feeding behavior of larval anchovy, *Engraulis mordax*. U. S. Fish. Bull. 70: 821-838.

- . 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: Ecology of Marine Fish Larvae, Lasker R., ed., University of Washington press. pp. 33–77.
- HUNTER, J. R. y S. R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Ingraulis mordax*. U. S. Fish. Bull. 77: 641–652.
- LASKER, R. H. M. Feder, G. H. Theilacker y R. C. May. 1970. Feeding, in the laboratory. Mar. Biol. 5: 345–353.
- LILLELUND, K. y R. Lasker. 1971. Laboratory studies on predation by marine copepods of fish larvae. Fish. Bull. U. S. 69: 655–667.
- LUEVANO, B. M. A. M. G. Hamman y A. A. García G. Contenido estomacal de la anchoveta norteña *Ingraulis mordax*, capturada en la zona noroccidental de Baja California, México. (en prep. para Ciencias Marinas.)
- MURPHY, G. I. 1977. Copepods. In: Gulland, J. A. John Wiley & Sons, New York.
- O'CONNELL, C. P. y L. P. Raymond, 1970. The effect of food density on survival and growth of early post yolk-sack larvae of the northern anchovy (*Ingraulis mordax* Girard) in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 5: 187–197.
- SETTE, E. D. y E. H. Ahlstrom, 1948. Estimations of abundance of eggs of the Pacific pilchard (*Sardinops caerulea* off southern California during 1940 and 1941. Seals Found. J. Mar. Res. 7 (3) : 511–542.
- SMITH, E. P. y S. Richardson, 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAD. Doc. Técnico de pesca No. 175. 105 p.