

**DESARROLLO DE LA PESQUERÍA DE ANCHOVETA NORTEÑA
(*Engraulis mordax*) EN BAJA CALIFORNIA, DURANTE EL PERIODO
1972-1992**

**DEVELOPMENT OF THE FISHERY OF NORTHERN ANCHOVY
(*Engraulis mordax*) IN BAJA CALIFORNIA FROM 1972-1992**

Ricardo Vidal-Talamantes

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
Apartado postal 453
Ensenada, Baja California
México

Recibido en octubre de 1994: aceptado en enero de 1995

RESUMEN

Se analizan los principales cambios ocurridos en la pesquería de anchoveta norteña. Se examinan los datos provenientes de las descargas comerciales y se explican las variaciones observadas en la magnitud y composición de la captura. La pesquería tuvo una primera fase de crecimiento de 1972 a 1981, seguida de un descenso de la captura en 1982 y 1983, y una tercera fase, de relativa estabilidad de la captura, entre 1984 y 1989. En estos tres periodos, disminuyó la edad de los peces capturados y se incrementó la proporción de individuos de tamaño pequeño. Los datos sugieren que el efecto combinado de la pesca y los cambios ambientales han afectado a la población de anchoveta. A partir de 1990 la captura ha sido casi nula, aunque la flota sardino-anchovetera ha seguido ejerciendo un considerable esfuerzo en la búsqueda de cardúmenes. Se proponen alternativas para la administración del recurso.

Palabras clave: composición de la captura, anchoveta, Baja California, pesquerías, administración.

ABSTRACT

The principal changes that occurred in the northern anchovy fishery are analyzed. Data from commercial landings are examined and an explanation of the observed variations in the magnitude and composition of the catch is attempted. The fishery experienced a first phase of increase from 1972 to 1981, followed by a phase of decline in the catch in 1982 and 1983, and a third phase of relative stability of the catch between 1984 and 1989. The age of the fish caught declined in these three periods and there was an increase in the proportion of small-sized fish. The data suggest that the combined effect of the fishery and environmental changes have had an effect on the anchovy population. Since 1990 the landings have been almost null, even though the sardine-anchovy fleet has continued to expend considerable effort in attempting to locate schools. Alternatives for the administration of the resource are proposed.

Key words: catch composition, anchovy, Baja California, fisheries, administration.

INTRODUCCIÓN

La anchoveta norteña (*Engraulis mordax* Girard, 1856) es un recurso que se explota en

INTRODUCTION

The northern anchovy (*Engraulis mordax* Girard, 1856) is a resource that inhabits the

las zonas costeras, generalmente consideradas como las de mayor productividad en el océano. Los procesos de surgencias aportan nutrientes a las capas iluminadas del océano y con ello se disparan los procesos de fotosíntesis y transferencia de energía a la comunidad. *Engraulis mordax* ocupa un nicho muy importante en la red trófica del ecosistema marino, debido a que transfiere energía y materiales desde el plancton hasta gran número de especies depredadoras. Al igual que otros peces pelágicos menores, como la sardina (*Sardinops sagax*) y la macarela (*Scomber japonicus*), *E. mordax* se caracteriza por formar cardúmenes extensos, por lo que es vulnerable a la pesca con red de cerco.

La distribución geográfica del área de pesca en Baja California está restringida a la zona costera, principalmente en las primeras veinte millas. En el sur de California, la distribución incluye una zona más amplia hacia mar adentro (Fiedler *et al.*, 1986), posiblemente asociada con la circulación al sur de punta Concepción.

La temporada de pesca en Baja California normalmente se inicia en abril y termina en diciembre, mientras que en California usualmente se inicia en septiembre y termina en junio (Mais, 1981).

Los peces pelágicos menores se utilizan principalmente para la elaboración de harina de pescado y, una pequeña proporción, como producto enlatado para consumo humano directo (García-Franco *et al.*, 1993). También se usan en menor escala como carnada en la pesca deportiva. Estas especies representan algunos de los recursos pesqueros de mayor volumen en México.

El posible impacto de la pesca sobre el recurso es un punto importante por considerar en el manejo de la pesquería. Una técnica de análisis para conocer la situación de una pesquería es el examen de la composición de la captura. La composición de la captura de anchoveta en Baja California ha sido descrita en la serie de boletines editados por la Secretaría de Pesca y la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (García-Franco *et al.*, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993) y, además, por Pedrín-Osuna *et al.* (1992), Vidal-Talamantes (1991), Sunada y Silva (1980) y Chávez-Ramos *et al.* (1977).

coastal zones, which are generally considered as the most productive in the ocean. The upwelling processes bring nutrients to the illuminated layers of the ocean, triggering the processes of photosynthesis and energy transfer to the community. *Engraulis mordax* occupies an important niche in the trophic net of the marine ecosystem, since it transfers energy and materials from the plankton level to a great number of predatory species. In a manner similar to other small pelagic fishes, such as the sardine (*Sardinops sagax*) and mackerel (*Scomber japonicus*), *E. mordax* forms large schools, and is thus vulnerable to purse seine fishing.

The geographic distribution of the fishing grounds in Baja California is restricted to the coastal zone, mainly within the first twenty miles. In Southern California, the distribution includes a broader area offshore (Fiedler *et al.*, 1986), possibly associated with the circulation south of Point Conception.

The fishing season in Baja California begins in April and ends in December, while in California it usually begins in September and ends in June (Mais, 1981).

Small pelagic fishes are utilized mainly in the production of fish meal and a small proportion as a canned product for direct human consumption (García-Franco *et al.*, 1993). They are also used, on a small scale, as live bait in sport fishing. These species represent some of the fishery resources of greatest volume in Mexico.

The possible impact of the fishery on the resource is an important aspect for the management of the fishery. A technique used to analyze the condition of a fishery is the examination of the composition of the catch. The composition of the anchovy catch in Baja California has been described in the series of bulletins edited by the *Secretaría de Pesca* and *Cámara Nacional de la Industria Pesquera* (García-Franco *et al.*, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993) and also by Pedrín-Osuna *et al.* (1992), Vidal-Talamantes (1991), Sunada and Silva (1980) and Chávez-Ramos *et al.* (1977).

The catch composition in California has been documented by Mais (1981), Sunada (1975, 1976, 1977, 1979a, b), Spratt (1972,

La composición de la captura en California ha sido documentada por Mais (1981), Sunada (1975, 1976, 1977, 1979a, b), Spratt (1972, 1973a, b) y Collins (1969, 1971). Sin embargo, no se han hecho suficientes estudios que expliquen los cambios ocurridos en la composición de la captura en series de tiempo de más de veinte años.

El objetivo del presente trabajo es analizar las variaciones en la captura de anchoveta y su composición, así como describir los principales cambios ocurridos en la pesquería y sugerir medidas para la administración del recurso. Gran parte de los datos utilizados en este trabajo han sido presentados en diversos reportes; sin embargo, este estudio trata de sintetizar la información e interpretarla desde el punto de vista de manejo del recurso.

El manejo consiste en que las entidades que intervienen en la pesca adoptan iniciativas con el propósito de dirigir más convenientemente el proceso productivo. Se trata de considerar la información disponible sobre la pesquería, el recurso y el ambiente, con el fin de seleccionar responsablemente las mejores alternativas para que la actividad pesquera sea sostenida en el tiempo. Se asume que los efectos de la explotación pueden ser mitigados con medidas que promuevan la conservación del recurso. El manejo se basa en la premisa de que el bien común a largo plazo debe prevalecer sobre el beneficio particular a corto plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las distribuciones porcentuales de frecuencia de longitud permiten visualizar la aportación relativa de cada clase de tamaño en la captura anual, pero no permiten una comparación interanual de la captura de cada clase de tamaño. Para calcular la composición absoluta de la captura de la flota, se hizo una extrapolación a partir de las distribuciones anuales de frecuencias de longitud de los muestreos, asumiendo que éstos eran representativos de la captura total de la flota. Ésta es una modificación del procedimiento propuesto por FAO (1982).

El método consiste en estimar las frecuencias de cada clase de longitud en la captura

1973a, b) and Collins (1969, 1971). Nevertheless, not enough studies have been conducted to explain the changes that have taken place in the catch composition in time series greater than twenty years.

The objective of the present work is to analyze the variations in the anchovy catch and its composition, as well as to describe the principal changes in the fishery and to suggest measures for the administration of the resource. Although a large part of the data utilized here have been included in several reports, the present analysis attempts to synthesize and interpret the information from a management point of view.

Management consists of the entities, that intervene in the fishery, adopting policies that lead to the production process more conveniently. Management attempts to take into account the available information on the fishery, resource and environment, and responsibly select the best alternatives so that the fishing activity is preserved. It is assumed that the effects of exploitation can be mitigated with measures promoting the conservation of the resource. Management is based on the premise that long-term common welfare should prevail over short-term individual benefit.

MATERIALS AND METHODS

The distributions of length-frequency percentages allow the visualization of the relative contribution of each length class to the annual catch, but do not allow an interannual comparison of the catch for each length class. In order to calculate the absolute catch of the fleet, an extrapolation based on the annual length frequency distributions of the samples was performed, assuming that the samples were representative of the total catch of the fleet. This is a modification of the method proposed by FAO (1982).

The method consists of calculating the frequencies for each length class in the total catch, multiplying the percent-length distributions in the sample (with values from zero to one) by a conversion factor equal to the magnitude of the catch divided by the sum of the products of the percent frequencies (from the sample) times the

total, multiplicando las distribuciones porcentuales de longitud de la muestra (con valores de cero a uno) por un factor de conversión equivalente a la magnitud de la captura dividida entre la suma de productos de las frecuencias porcentuales (de la muestra) por el peso promedio de cada clase de longitud. El mismo criterio se aplicó para calcular la composición por edades.

Las distribuciones de edad han sido descritas por Pedrín-Osuna *et al.* (1992) y Vidal-Talamantes (1991) y aquí sólo se presentan las gráficas de 1977 y 1978, debido a que en este periodo ocurrió uno de los mayores cambios en la estructura de la población. Los cambios posteriores a 1982 son muy importantes porque son el resultado de la acción combinada de los cambios ambientales y de la explotación, que se han incrementado con respecto al tamaño de la población.

Se utilizaron datos sobre la magnitud de la captura, número de barcos registrados en la Secretaría de Pesca, número de viajes realizados, así como de la longitud de los especímenes. Estas estadísticas de pesca provienen de los boletines anuales del proyecto sobre peces pelágicos menores del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Ensenada (García-Franco *et al.*, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993). Este proyecto también proporcionó información sobre la composición por edades. Se utilizaron además los datos de captura registrados por el *California Department of Fish and Game* (1992, 1993).

Se realizó un análisis exploratorio de los datos disponibles sobre la captura de anchoveta y su composición por edades y tamaños. Esta exploración forma parte del método de análisis utilizado para examinar las distribuciones de frecuencia de longitudes y edades, así como de las series de captura, esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Se utilizaron los datos de los muestreos biológicos de la empresa Pesquera Zapata de Ensenada, BC, México, correspondientes al periodo 1978-1982. En estos muestreos se midió la longitud con aproximación de 1 mm, se pesó con aproximación de décimas de gramo y se recolectaron los otolitos para determinar la edad, según el método de Collins y Spratt (1969).

average weight of each length class. The same criteria were applied to calculate the age composition.

The age distributions have been described by Pedrín-Osuna *et al.* (1992) and Vidal-Talamantes (1991); however, only the graphs from 1977 and 1978 are presented here, since one of the major changes in the population structure occurred in this period. The changes after 1982 are very important because they are the result of the combined action of environmental changes and increased exploitation with respect to population size.

Data on magnitude of the catch, number of ships registered at the *Secretaría de Pesca*, number of trips made, as well as lengths of the specimens were utilized. These fishery statistics are from the annual bulletins from the Small Pelagic Fishes Project at the *Centro Regional de Investigaciones Pesqueras* (CRIP) in Ensenada (García-Franco *et al.*, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993). Information on the age composition was also provided by this project. Catch data reported by the California Department of Fish and Game (1992, 1993) were also used.

An exploratory analysis of the available data on the anchovy catch and its composition by age and length was made. This exploration is part of the analytical method used to examine the age and length frequency distributions, as well as the catch series, fishing effort and catch per unit effort (CPUE). Data from the biological samplings conducted from 1978-1982 by the company *Pesquera Zapata* in Ensenada, BC, Mexico were utilized. In these samplings, length was measured to ± 1 mm, weight was measured to tenths of a gram and otoliths were collected for age determination according to the method by Collins and Spratt (1969).

In a parallel manner, a sampling was conducted of lengths only, called massive sampling (with a larger number of measurements and an approximation of 5 mm). Vidal-Talamantes (1991) presents additional information on these samplings. The data series from CRIP are longer than those from *Pesquera Zapata*. For this reason, the series from CRIP have been selected for presentation.

En forma paralela se realizó un muestreo únicamente de longitudes, denominado muestreo masivo (con un mayor número de mediciones y aproximación de 5 mm). Vidal-Talamantes (1991) presenta información adicional sobre estos muestreos. Las series de datos del CRIP son más largas que las de la Pesquera Zapata, por esta razón se escogió presentar las del CRIP.

Como criterios generales de validación de los datos, se observó que: 1) las distribuciones de longitud de los muestreos biológicos son similares a las de los muestreos masivos; 2) las distribuciones de frecuencia de longitud y edad muestran patrones consistentes mes a mes; 3) los datos de la Pesquera Zapata son similares a los reportados por la Secretaría de Pesca (García-Franco *et al.*, 1989 y Pedrín-Osuna *et al.*, 1992); 4) la zona de pesca de anchoveta no cubre toda la zona de distribución de la especie; sin embargo, se asume que la franja explorada por la flota representa un componente muy importante en el ciclo de vida de la especie, dado que es en la zona costera donde se llevan a cabo los principales procesos de producción orgánica (Cushing, 1975).

RESULTADOS

Captura y captura por unidad de esfuerzo

En la fig. 1 se muestra la serie anual de captura de anchoveta en California y Baja California, de 1972 a 1992. Entre 1972 y 1976 la captura en California constituyó el principal aporte al total, mientras que de 1977 a 1989 predominó el aporte de Baja California, especialmente entre 1983 y 1989. En ambas localidades se presentó un mismo patrón pero desfasado en el tiempo. La captura en California alcanzó un máximo en 1975, disminuyó fuertemente en 1978 y de 1979 a 1982 fluctuó alrededor de 50 mil toneladas; tuvo un fuerte descenso en el otoño de 1982, aunque en la gráfica anual se manifiesta hasta 1983, y de 1983 a 1992 fue cercana a cero. En Baja California también se observaron cuatro etapas principales: en la primera, de 1972 a 1981, la captura fue en aumento (fig. 1) y los mayores

The following were observed as general criteria for validating the data: 1) that the length distributions from the biological samplings are similar to those from the massive sampling; 2) that the patterns shown in the length and age distributions are consistent in each month; 3) the data from *Pesquera Zapata* are similar to those from *Secretaría de Pesca* (García-Franco *et al.*, 1989 and Pedrín-Osuna *et al.*, 1992); 4) the anchovy fishery grounds do not include the entire geographical distribution of the species; nevertheless, it is assumed that the area explored by the fleet represents a very important component in the life cycle of the species, since it is in the coastal zone where the main processes of organic production occur (Cushing, 1975).

RESULTS

Catch and catch per unit effort

Figure 1 shows the annual series of anchovy catches in California and Baja California from 1972 to 1992. From 1972 to 1976, the California catch constituted the principal contribution to the total, while from 1977 to 1989 the contribution from Baja California predominated, specially from 1983 to 1989. The same pattern occurred in both localities, but was phase-lagged. The California catch reached a maximum in 1975, then strongly decreased in 1978 and from 1979 to 1982 fluctuated around 50 thousand tons. The catch strongly decreased in the autumn of 1982, although it is not manifested in the annual graph until 1983. From 1983 to 1992, the catch was close to zero. Four main phases were observed in Baja California: in the first, from 1972 to 1981, the catch grew steadily (fig. 1), with the largest increases occurring in 1977, 1979 and 1980. The strong year classes of 1978, 1979 and 1980 were the main causes for the large catches at the end of this phase; the applied fishing effort (number of trips and number of ships) increased steadily until 1981 (fig. 2). The relative abundance, represented by the CPUE (catch per trip and catch per ship), also showed a rising tendency (fig. 3). In the second phase of the fishery

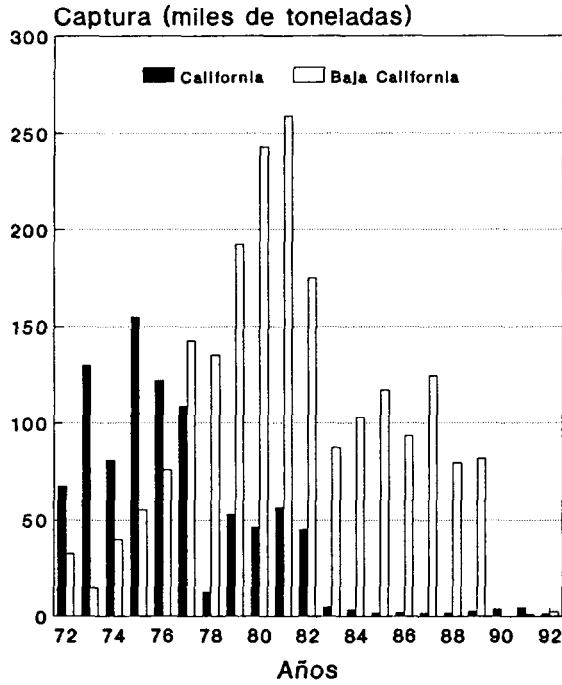


Figura 1. Serie anual de captura de anchoveta (miles de toneladas) en California, EUA y en Baja California, México. Periodo 1972-1992.

Figure 1. Annual series of anchovy catches (thousands of metric tons) in California, USA and in Baja California, Mexico. 1972-1992 period.

incrementos ocurrieron en 1977, 1979 y 1980. Las fuertes clases de 1978, 1979 y 1980 fueron las principales responsables de las grandes capturas al final de la primera etapa de la pesquería; el esfuerzo pesquero aplicado (número de viajes y número de barcos) fue en aumento casi constante hasta 1981 (fig. 2). En esta fase, la abundancia relativa, representada por la CPUE (captura por viaje y captura por barco) también mostró una tendencia a la alta (fig. 3). En la segunda fase de la pesquería (1982, 1983), disminuyeron los valores de captura, esfuerzo y CPUE. En la tercera fase (1984 a 1989) hubo fluctuaciones menores, con capturas alrededor de 100 mil toneladas anuales; el esfuerzo continuó declinando (fig. 2), debido probablemente a la baja disponibilidad del recurso, mientras que la CPUE (fig. 3) se incrementó moderadamente. Finalmente en la cuarta etapa, de 1990 en adelante, las capturas fueron mínimas.

(1982, 1983) catch, effort and CPUE decreased. The third phase (1984-1989) showed minor fluctuations, with annual catches around 100 thousand tons. Effort continued to decline (fig. 2), probably due to the low availability of the resource, while CPUE (fig. 3) increased moderately. In the fourth phase, from 1990 and on, the catches were minimal.

Monthly catch

In contrast to the annual variation of the catch, the monthly variation indicates with more precision the times at which noteworthy events occurred. The monthly series of anchovy catches in Baja California during the 1972-1989 period (fig. 4) shows that there was a gradual increase from 1972 to August 1980. Large catches continued until July 1982 (in fig. 4, the two vertical lines represent the beginning of the third and fourth quarters). The same

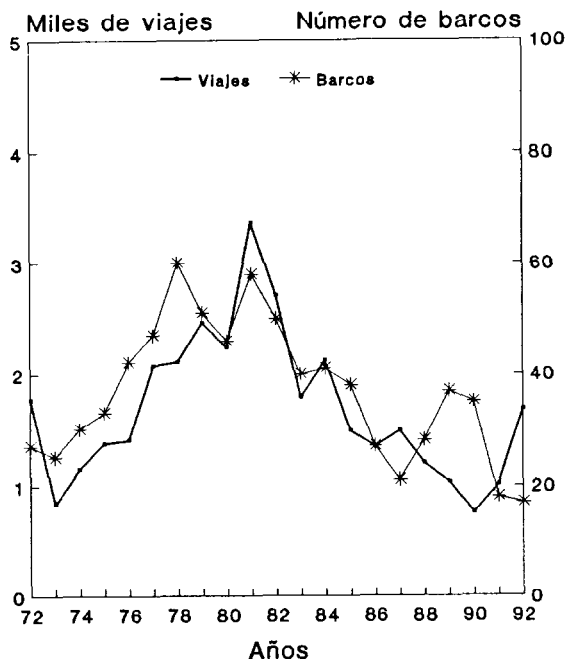


Figura 2. Serie anual de esfuerzo pesquero. Número de barcos sardino-anchoveteros registrados en Baja California y número de viajes realizados en el periodo 1972-1992.

Figure 2. Annual series of fishing effort. Number of sardine-anchovy ships registered in Baja California and number of trips realized in the 1972-1992 period.

Captura mensual

En contraste con la variación anual de la captura, la variación mensual indica con mayor precisión los tiempos en que ocurrieron eventos notables. La serie mensual de capturas de anchoveta en Baja California durante el periodo de 1972 a 1989 (fig. 4) muestra que existió un crecimiento gradual desde 1972 hasta agosto de 1980. Las capturas altas continuaron hasta julio de 1982 (en la fig. 4, se señala el inicio del tercer y cuarto trimestre mediante dos líneas verticales). En cada año se repitió un mismo patrón estacional con máximos en verano (tercer trimestre), capturas moderadas en primavera y otoño, y casi nulas en invierno.

De 1983 a 1989 las capturas mensuales fueron moderadas (menores de 40 mil toneladas).

seasonal pattern was repeated every year, with maximums in the summer (third quarter), moderate catches in spring and autumn and almost none in winter.

From 1983 to 1989, monthly catches were moderate (less than 40 thousand tons).

Catch composition

The monthly series of anchovy catches by age-group in Baja California during 1977 and 1978 are compared in fig. 5. The zero group is at the back of the graph, and the subsequent ages in front. Although the magnitude of the 1978 catch was similar to that of 1977, an increase in the proportion of younger individuals was observed.

In the annual series of average lengths of anchovy during the 1975-1989 period (fig. 6), there was a decline from 1975 to 1984 and a

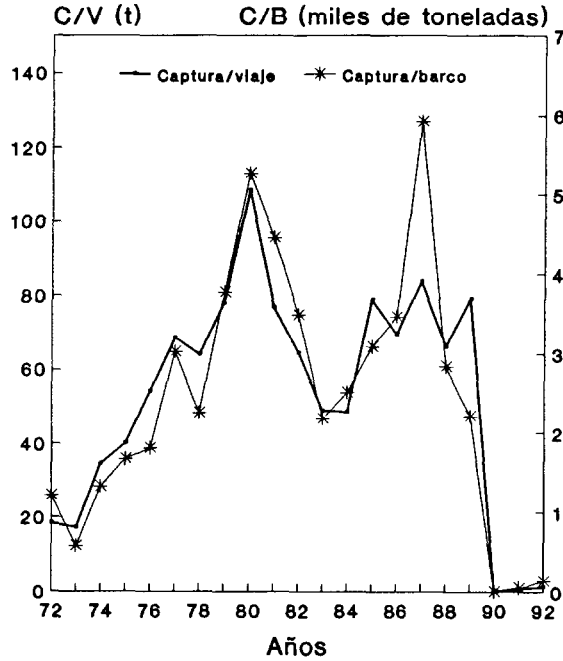


Figura 3. Serie anual de CPUE en Baja California. Captura de anchoveta por viaje y captura por barco en el periodo 1972-1992.

Figure 3. Annual series of CPUE in Baja California. Anchovy catch per trip and catch per ship in the 1972-1992 period.

Composición de la captura

En la fig. 5 se comparan las series mensuales de captura de anchoveta por grupo de edad en Baja California durante 1977 y 1978. El grupo cero se encuentra al fondo de la gráfica y al frente las edades mayores. Aunque en 1978 la magnitud de la captura fue similar a la de 1977, hubo un aumento en la proporción de individuos jóvenes.

En la serie anual de longitud promedio de anchoveta en el periodo 1975 a 1989 (fig. 6), se observa un decremento desde 1975 hasta 1984 y posteriormente un incremento hasta 1989. El valor máximo ocurrió en 1975. En 1987 también se registró un valor relativamente alto. El menor valor ocurrió en 1984. De 1983 a 1986 la longitud promedio fue menor de 100 mm. Las longitudes promedio mayores de 110 mm

subsecuente increase from 1985 to 1989. The maximum value occurred in 1975. A relatively high value was also registered in 1987. The minimum value occurred in 1984. From 1983 to 1986, the average length was less than 100 mm. Average lengths greater than 110 mm occurred only in 1975, 1977 and 1987. The general tendency of the series is to descend.

The length distributions extrapolated to the catch of the entire fleet in Baja California during the 1975-1989 period are shown in fig. 7. The two vertical lines in the figure correspond to the lengths of 100 and 120 mm, and serve as a reference for comparisons. Almost at the beginning of the fishery in 1975, the modal length was 120 mm, while towards the end of the first stage of the fishery in 1981, it was about 100 mm; at the beginning of the third stage in 1984, it diminished to a value close to 90 mm. From 1975 to 1984, a slight decline in the mod-

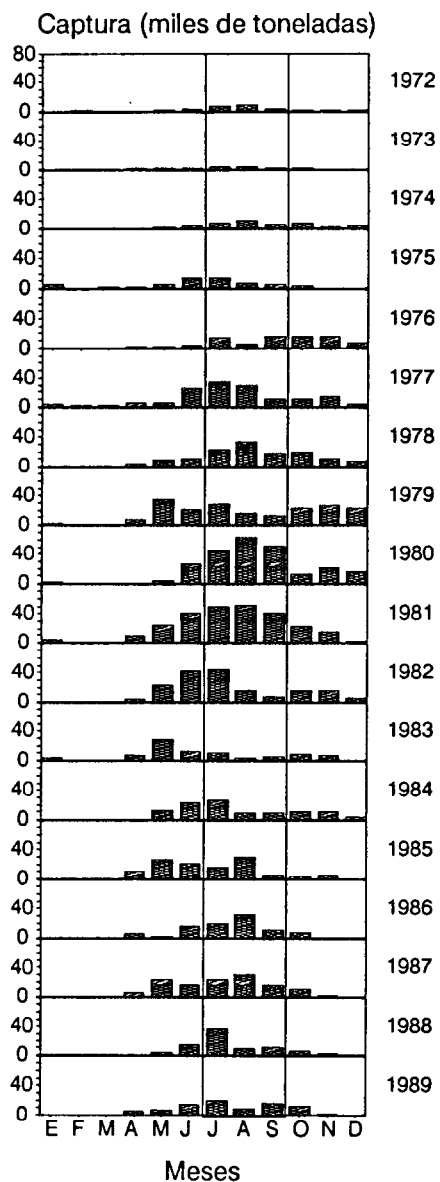


Figura 4. Captura mensual de anchoveta en Baja California. Periodo 1972-1989.
Figure 4. Monthly catches of anchovy in Baja California. 1972-1989 period.

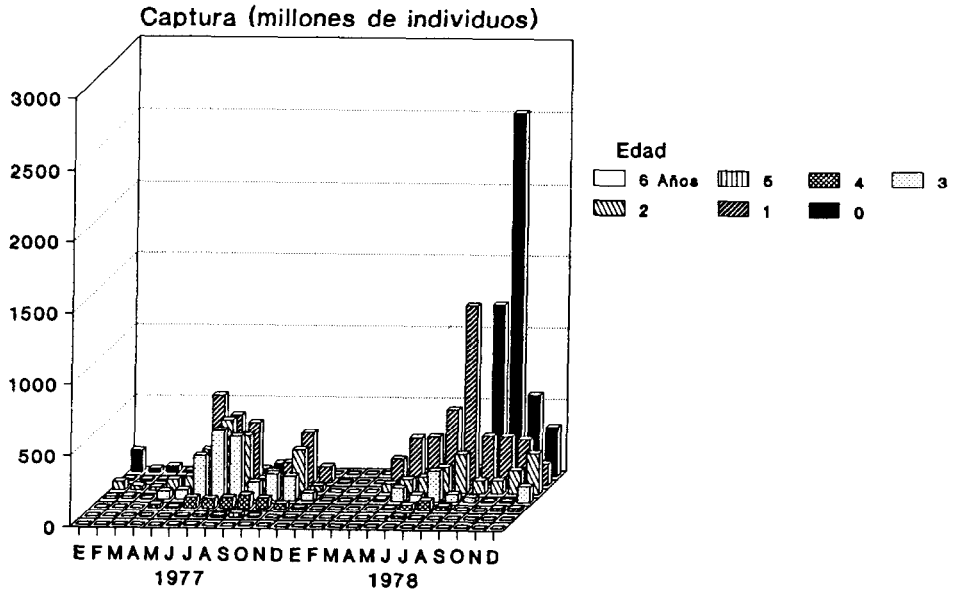


Figura 5. Serie mensual de captura de anchoveta por grupos de edad. Comparación entre 1977 y 1978.

Figure 5. Monthly series of anchovy catches by age group. Comparison between 1977 and 1978.

sólo ocurrieron en 1975, 1977 y 1987. La tendencia general de la serie es descendente.

La fig. 7 muestra las distribuciones de longitud extrapoladas a la captura de toda la flota de Baja California en el periodo de 1975 a 1989. Las dos líneas verticales en la figura corresponden a las longitudes de 100 y 120 mm y sirven de marco de referencia para hacer comparaciones. En 1975, cerca del inicio de la pesquería, la longitud modal era de 120 mm, mientras que en 1981, al final de la primera fase de la pesquería, fue cercana a 100 mm; en 1984, al inicio de la tercera fase, disminuyó a un valor cercano a 90 mm. De 1975 a 1984 se nota un ligero decremento en la longitud modal (excepto en 1982). De 1985 a 1989 se observa una considerable proporción de individuos menores de 100 mm (excepto en 1987). En 1989 la longitud modal alcanzó un nivel cercano a 100 mm.

Desde septiembre de 1987 existe un acuerdo legal en México que establece que la proporción de individuos menores de 100 mm no debe exceder del 30% en las capturas de anchoveta.

al length was observed (except in 1982). From 1985 to 1989, a considerable proportion of individuals smaller than 100 mm was observed (except in 1987). In 1989, the modal length reached a level close to 100 mm.

Since September 1987, there is a law in Mexico that establishes that the proportion of individuals smaller than 100 mm should not exceed 30% of the anchovy catches. The annual series of the proportion of individuals smaller than 100 mm in the anchovy catch in Baja California is shown in fig. 8. A tendency to increase from 1975 to 1984 is observed, and afterwards a tendency to decline. The largest proportions of small individuals occurred in 1983 and 1984, with values close to 80 and 90%, respectively.

DISCUSSION

In the first phase of the fishery in Baja California, there was an almost constant increase in catch during eight years. This was associated with an increase in fishing effort. The increase in the fleet and in the experience

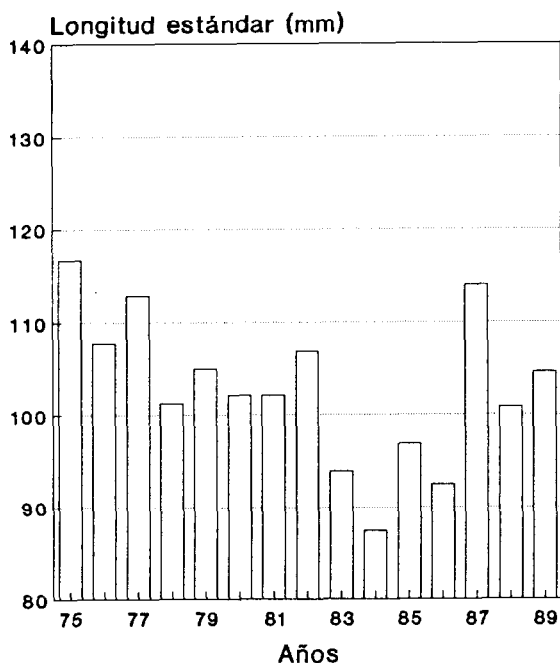


Figura 6. Variación anual de la longitud promedio de anchoveta. Periodo 1975-1989.

Figure 6. Annual variation of average lengths of anchovy. 1975-1989 period.

En la fig. 8, se muestra la serie anual de la proporción de individuos menores de 100 mm en la captura de anchoveta en Baja California. Se observa una tendencia a la alza desde 1975 hasta 1984 y posteriormente una tendencia a la baja. Las mayores proporciones de individuos pequeños ocurrieron en 1983 y 1984, con valores cercanos a 80 y 90%, respectivamente.

DISCUSIÓN

En la primera fase de la pesquería en Baja California, la captura tuvo un aumento casi constante durante ocho años. Esto estuvo asociado con un aumento en el esfuerzo pesquero. El crecimiento de la flota y la experiencia ganada cada año por parte de los pescadores, así como la incorporación de tecnología electrónica avanzada para la detección de cardúmenes (ecosonda y sonar) han permitido al hombre explorar muy eficientemente la zona de pesca y llegar a explotar plenamente el recurso.

gained each year by fishermen, as well as the incorporation of advanced electronic technology for the detection of schools (echosounder and sonar) have allowed man to explore the fishing grounds very efficiently and to exploit the resource fully.

The number of ships and trips has not increased since 1981. The decrease in CPUE during 1981 suggests that the fleet might have been too large. Consequently, the resource continued to be exploited by a large number of ships during the following years. It is possible that a saturation of effort developed; a relationship between the resource and the fishing effort such that the amount of effort applied was a function of the availability of the resource. At the beginning of the fishery, the catch increased until in 1981 when 250 thousand tons were extracted, with no apparent negative impact on the resource. Nevertheless, in 1982 the catch decreased to a level close to 150 thousand tons and in 1983 it diminished again to a level close

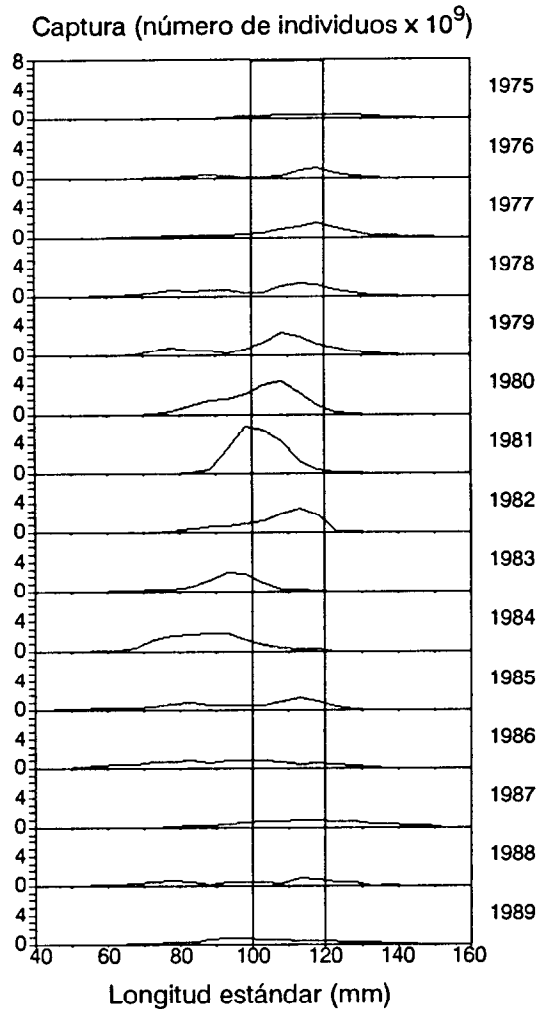


Figura 7. Composición de la captura de anchoveta. Distribuciones de longitud estándar extrapoladas a la captura de la flota durante 1975-1989.

Figure 7. Catch composition of anchovy. Standard length distributions extrapolated to the catches of the fleet during 1975-1989.

El número de barcos y viajes realizados no ha aumentado desde 1981. La disminución en la CPUE durante 1981 sugiere que pudo haber un exceso de barcos pesqueros operando. Consecuentemente, en los años posteriores el recurso continuó siendo explotado por una gran flota pesquera y, posiblemente, se desarrolló una situación de saturación del esfuerzo, una relación entre el recurso y el esfuerzo pesquero tal que la

to 100 thousand tons. A developed fleet operated in the second phase of the fishery and catch as well as effort and CPUE decreased. This was due to the decrease in the availability of the resource, a situation further aggravated by the effects of intense El Niños in 1982 and 1983.

In general, the catch, effort and CPUE series are very similar until 1989. It is usually



Figura 8. Variación anual de la proporción de individuos menores de 100 mm de longitud estandar en la captura de anchoveta. Periodo 1975-1989.

Figure 8. Annual variation of the proportions of individuals smaller than 100 mm standard length in the anchovy catches. 1975-1989 period.

cantidad de esfuerzo ejercido fue función de la disponibilidad del recurso. Al inicio de la pesquería, la captura fue en aumento hasta que en 1981 se llegó a más de 250 mil toneladas, aparentemente sin que el recurso mostrara señales de impacto negativo. Sin embargo, en 1982 la captura disminuyó a un nivel cercano a 150 mil toneladas y en 1983 volvió a disminuir hasta un nivel cercano a 100 mil toneladas. En la segunda fase de la pesquería operó una flota desarrollada y disminuyeron tanto la captura como el esfuerzo y la CPUE. Esto se debió a la disminución en la disponibilidad del recurso, y los efectos de intensos fenómenos de El Niño en 1982 y 1983 agravaron esta situación.

En general, las series de captura, esfuerzo y CPUE son muy parecidas hasta 1989. Usualmente se considera que la CPUE es un índice de abundancia relativa mejor que la simple magnitud de la captura; sin embargo, en el caso de la pesquería de anchoveta, el esfuerzo no se aplica de una manera uniforme ni al azar, sino en forma dirigida hacia los lugares conocidos por la presencia de cardúmenes. Como resultado, los viajes se realizan en mayor número cuando el

considered that CPUE is a better index of relative abundance than the magnitude of the catch alone; however, in the case of the anchovy fishery, effort is not applied in a uniform nor random manner, but is directed to places where anchovy schools are known to be. As a result, a larger number of trips are made when the resource is abundant. In this way, larger catches are obtained during seasons of greater abundance.

From 1990 to 1992, the CPUE values were very low, and the catch remained at a level close to zero. The catch during these three years was composed mainly of sardine and mackerel. However, when compared to the level of anchovy catch (an average of 114 thousand tons between 1972 and 1989), the volumes of these two species have been quite low. The sardine and mackerel catch has only shown a moderate recovery; less than 40 thousand tons annually for each species.

The persistence of minimal anchovy catches since 1983 in California and since 1990 in Baja California is notable. Why have the catches not recovered in more than ten years in

recurso es abundante. De esta forma, se obtienen mayores capturas en temporadas de mayor abundancia.

De 1990 a 1992 los valores de CPUE fueron muy bajos y la captura se mantuvo en un nivel cercano a cero. En estos tres años la captura estuvo compuesta principalmente de sardina y macarela. Sin embargo, comparados con el nivel de captura de anchoveta (promedio de 114 mil toneladas entre 1972 y 1989), los volúmenes de estas dos especies han sido muy bajos. La captura de sardina y macarela sólo ha mostrado una recuperación moderada; menor de 40 mil toneladas anuales de cada especie.

Es notable la persistencia de capturas mínimas de anchoveta desde 1983 en California y desde 1990 en Baja California ¿Por qué no se han recuperado las capturas en California en más de diez años y en Baja California en más de tres años?

En la serie de capturas mensuales (fig. 4), se observa una cantidad importante de captura en el cuarto trimestre de 1976 a 1984, que, según Pedrín-Osuna *et al.* (1992) y Vidal-Talamantes (1991), estuvo compuesta principalmente de individuos jóvenes. La serie muestra un descenso en la captura a partir de agosto de 1982. Durante los dos años anteriores en el mismo mes de agosto, se habían obtenido las mayores capturas en la historia de la pesquería, pero en 1982 el nivel de captura fue bajo. Este decremento probablemente estuvo relacionado con el fenómeno de El Niño de 1982-1983. Fiedler *et al.* (1986) presentaron series mensuales de la anomalía de temperatura superficial en el muelle de *Scripps Institution of Oceanography*, así como series correspondientes de la anomalía en la profundidad de la isoterma de 14°C (en la localidad 32°40'N y 118°20'O), la que, según Lynn *et al.* (1982), generalmente se encuentra en el tope de la termoclina estacional en la cuenca del sur de California y, por tanto, representa la profundidad de la capa de mezcla. En julio de 1982, se observó un aumento en la profundidad de la isoterma de 14°C. Ésta fue la primera manifestación del fenómeno de El Niño. La anomalía de la temperatura superficial empezó a tener valores altos a partir de enero de 1983. Cronológicamente, la disminución de la

California and in more than three years in Baja California?

In the series of monthly catches (fig. 4), an important amount of catch is observed in the fourth quarter, from 1976 to 1984, which according to Pedrín-Osuna *et al.* (1992) and Vidal-Talamantes (1991) was composed mainly of young individuals. The series presents a decrease in the catch since August 1982. During the two previous years, the greatest catches in the history of the fishery were also obtained in August, but in 1982 the catch level was low. This decrease was probably related to the 1982-1983 El Niño phenomenon. Fiedler *et al.* (1986) presented monthly series of the surface temperature anomaly at the Scripps Institution of Oceanography pier, as well as the series corresponding to the depth of the 14°C isotherm (at 32°40'N and 118°20'W), which according to Lynn *et al.* (1982) is generally located at the top of the seasonal thermocline in the Southern California Bight and hence represents the depth of the mixed layer. In July 1982, a deepening of the 14°C isotherm was observed. This was the first manifestation of the El Niño phenomenon. The surface temperature anomaly began to show high values after January 1983. Chronologically, the decrease in the August 1982 catch is more related to the deepening of the mixed layer registered in July and August. Sharp and McLain (1993) reported monthly series of the depth of the 14°C isotherm in quadrangles of 3° × 3° in the Pacific coast of the American Continent. Here, it is observed that between latitudes 30-33°N, the depth of this isotherm remained at a level of 25 m until September 1982 and increased to a level between 50-75 m during the remainder of the year, 1983 and the better part of 1994. The difference between the monthly recordings of the immersion of the 14°C isotherm are possibly due to the use of different spatial scales.

From 1983 to 1989, the monthly catches were moderate (less than 40 thousand tons) and according to Pedrín-Osuna *et al.* (1992) the proportion of the zero group tended to increase until it dominated in almost all of the months of 1988 and 1989. According to these authors, the recruitment patterns have been modified,

captura en agosto de 1982 se relaciona más con el aumento en la profundidad de la capa de mezcla registrado en julio y agosto. Sharp y McLain (1993) reportaron series mensuales de la profundidad de la isoterma de 14°C en cuadrángulos de 3° × 3° en la costa del Pacífico del continente americano, en las que se observa que entre las latitudes 30 y 33°N la profundidad de esta isoterma se mantuvo en el nivel de 25 m hasta septiembre de 1982 y aumentó en los niveles entre 50 y 75 m en el resto del año, durante 1983 y gran parte de 1984. La diferencia de los meses en que se reporta la inmersión de la isoterma de 14°C posiblemente se debe al uso de escalas espaciales diferentes.

De 1983 a 1989 las capturas mensuales fueron moderadas (menores de 40 mil toneladas) y según Pedrín-Osuna *et al.* (1992) la proporción del grupo de edad cero tendió a aumentarse hasta dominar en casi todos los meses de 1988 y 1989. De acuerdo con estos autores, los patrones de reclutamiento se han modificado al pasar de las edades dos y tres a las edades cero y uno. Esto tiene como consecuencia la concentración de la explotación en unos pocos grupos de edad, a la vez que se disminuyen los rendimientos y se utilizan los excedentes, lo que evita el incremento de la tasa de productividad neta de la población.

Según Salinas-Zavala *et al.* (1992) y Lluch-Belda *et al.* (1992), desde principios de marzo de 1990 se inició un calentamiento del mar en el noroeste mexicano, conocido como calentamiento de latitudes medias, y este fenómeno extratropical se prolongó hasta 1991. De acuerdo con Kousky (1993) y Hayward (1993), desde finales de 1991 hasta 1992 se presentó nuevamente el fenómeno de El Niño. Es probable que esta perturbación ambiental, en combinación con las altas tasas de explotación (Pedrín-Osuna *et al.*, 1992 y García-Franco *et al.*, 1992) hayan tenido un efecto negativo en la población de anchoveta.

La composición de la captura de anchoveta también ha mostrado cambios importantes. Mais (1981) analizó la composición de la subpoblación central de anchoveta y estableció que antes de 1977 la pesquería había explotado principalmente individuos de dos y tres años de edad, con capturas substanciales de peces más

changing from ages two and three to ages zero and one. This results in a concentrated exploitation of a few age groups, as well as a decrease in yields and utilization of surplus production, which prevents an increase in the net productivity rate of the population.

According to Salinas-Zavala *et al.* (1992) and Lluch-Belda *et al.* (1992), at the beginning of March 1990 a warming of the sea, known as mid-latitude warming, began in northwest Mexico. These authors indicate that the extratropical phenomenon was prolonged until 1991. According to Kousky (1993) and Hayward (1993), the El Niño phenomenon reappeared from late 1991 to 1992. It is probable that these environmental perturbations, in combination with the high exploitation rates (Pedrín-Osuna *et al.*, 1992 and García-Franco *et al.*, 1992) had a negative impact on the anchovy population.

The composition of the anchovy catch has shown important changes as well. Mais (1981) analyzed the composition of the central anchovy subpopulation and established that before 1977 the fishery had exploited mainly two- and three-year-old individuals, with substantial catches of older fishes and low percentages of age zero. But since 1977, the catches have been strongly dominated by ages zero and one, while the proportion of older groups has diminished. He also warned that, in these circumstances, the failure of two consecutive year classes could depress the stocks to undesirably low levels. A stock based on recruits is particularly vulnerable to environmental pressures and might not be able to recover should successive failures of annual classes occur.

The catch composition in Baja California shows a strong change in 1978. Chávez-Ramos *et al.* (1977) and Sunada and Silva (1980) presented age distributions for the 1975-1977 period and showed a considerable proportion of ages three and older, while Vidal-Talamantes (1991) reported a larger proportion of groups zero, one and two since 1978.

Brinton (1981) reported anomalously high temperatures in the first half of 1978. The decline in the anchovy catch in California could have been related to this warming.

Lluch-Belda *et al.* (1989) have proposed the hypothesis called The Regime Problem,

viejos y bajos porcentajes de edad cero. Sin embargo, desde 1977 las edades cero y uno han dominado fuertemente las capturas, mientras que ha disminuido la proporción de los grupos de mayor edad. Advirtió además que, en estas circunstancias, la falla de dos clases anuales consecutivas podría deprimir las existencias a niveles bajos no deseables. Una existencia basada en reclutas es particularmente vulnerable a presiones ambientales, debido a que puede no ser capaz de recuperarse ante la falla sucesiva de clases anuales.

La composición de la captura en Baja California muestra un fuerte cambio en 1978. Chávez-Ramos *et al.*, (1977) y Sunada y Silva (1980) presentaron distribuciones de edad del periodo 1975-1977 y mostraron una considerable proporción de edades de tres años y mayores, mientras que Vidal-Talamantes (1991) reportó una mayor proporción de los grupos cero, uno y dos a partir de 1978.

Brinton (1981) registró temperaturas anormalmente altas en la primera mitad de 1978. La caída en la captura de anchoveta en California pudo haber estado relacionada con este calentamiento.

Lluch-Belda *et al.* (1989) han propuesto la hipótesis denominada El problema del régimen, que establece que existen dos regímenes climáticos interdecadales que se alternan sucesivamente. Afirmar, además, que los regímenes fríos favorecen a la anchoveta, mientras que los cálidos son más favorables para la sardina. Lluch-Belda *et al.* (1991a) propusieron un modelo de distribución de la sardina, el cual indica que la población experimenta contracciones en regímenes fríos y expansiones en los cálidos. Parrish *et al.* (1985) describieron gradientes en la longitud de los individuos por grupo de edad y señalan que el tamaño tiende a aumentar de sur a norte y desde la costa hacia mar adentro. Lluch-Belda *et al.* (1991b) establecieron que la proporción relativa de huevos a larvas se incrementa de norte a sur y que el desove de sardina ocurre principalmente en niveles intermedios de surgencia, mientras que el de anchoveta ocurre en niveles de surgencia tanto altos como bajos.

Es conocido que los cambios ambientales ocurren a diferentes escalas de tiempo (*e.g.*,

which states that two interdecadal climatic regimes exist and successively alternate in time. It is indicated that cold regimes favor the anchovy, while warm regimes are more favorable for the sardine. Lluch-Belda *et al.* (1991a) proposed a model of sardine distribution, indicating that the population experiences contractions in the cold regimes and expansions in the warm regimes. Parrish *et al.* (1985) described gradients in the length of individuals by age group and pointed out that size tends to increase from south to north and from coast to open sea. Lluch-Belda *et al.* (1991b) established that the relative proportion of eggs to larvae increases from north to south and that sardine spawning occurs mainly at intermediate levels of upwelling, while that of anchovy occurs at high and low levels of upwelling.

It is known that environmental changes occur at different time scales (*e.g.* daily, seasonal and interdecadal). The effects of environmental changes at different time scales are not necessarily exclusive. Besides interdecadal effects, short-term effects can manifest themselves, produced by natural and other factors such as fishery exploitation. This is one of the central subjects of the present study.

Besides the changes described in the magnitude of the catch and in the CPUE, there have been changes in the size and age structure. Decreases have been observed in annual age and length averages. It seems that certain factors that tend to specifically eliminate older and larger individuals have been in operation.

Among the factors that might have affected the anchovy population, the warmings that occurred in 1982, 1983 and 1990 are assumed to have had a negative effect. Although, the impact by the fishery that first affected the larger and then smaller individuals cannot be ignored.

Environmental perturbations as well as fishery exploitation are agents that exert mortality on the population. Sea warmings combined with fishing effort and high exploitation rates have caused the observed variations in the population.

The regime of the anchovy fishery is such that schools with a minimum weight of approximately ten tons are caught; thus, for the

cambios diarios, estacionales, interdecadales). Los efectos de los cambios ambientales de diferentes escalas de tiempo no son necesariamente excluyentes entre sí. Además de los efectos interdecadales, pueden manifestarse efectos a más corto plazo, producidos por factores naturales y factores como la explotación pesquera. Éste es uno de los puntos centrales en la conducción del presente estudio.

Además de los cambios descritos en la magnitud de la captura y en la CPUE, han ocurrido cambios en la estructura por tamaños y por edades. Se han observado disminuciones en la longitud y edad promedio anual. Tal parece que han estado actuando algunos factores que tienden a eliminar especialmente a los individuos viejos y de mayor tamaño.

Entre los factores que pueden haber afectado a la población de anchoveta, se considera que los calentamientos ocurridos en 1982, 1983 y 1990 tuvieron un efecto negativo, aunque por otro lado no puede soslayarse el impacto de la pesquería, que incidió primero en los individuos de mayor tamaño y posteriormente en los individuos menores.

Tanto las perturbaciones ambientales como la explotación pesquera constituyen agentes que ejercen mortalidad en la población. Los calentamientos del mar en combinación con el esfuerzo pesquero y las elevadas tasas de explotación han causado las variaciones observadas en la población.

El régimen de pesca de anchoveta es tal que se capturan cardúmenes con un peso mínimo de aproximadamente diez toneladas; por tanto, para que el recurso sea vulnerable a la pesca, se requiere que esté agrupado en cardúmenes relativamente grandes. El proceso de formación de cardúmenes y su dinámica son especialmente importantes por su relación con la vulnerabilidad. Bajo este contexto, se sugiere que en los estudios sobre el recurso se considere el comportamiento social de la especie.

Generalmente, en los meses de septiembre a diciembre cesa la captura de individuos adultos y sólo se encuentran cantidades menores de juveniles (Vidal-Talamantes, 1991 y Pedrín-Osuna *et al.*, 1992). Septiembre es el mes en que generalmente cambian las condiciones ambientales, el agua de mar se vuelve más turbia y

resource to be vulnerable to fishing it has to group in relatively large schools. The process of schooling and its dynamics are specially important due to their relationship to vulnerability. In this context, it is suggested that in studies on the resource, the social behavior of this species be considered.

Usually from September to December, the catch of adult individuals ceases and only small quantities of juveniles are found (Vidal-Talamantes, 1991 and Pedrín-Osuna *et al.*, 1992). September is the month in which environmental conditions usually change; sea water becomes more turbid and temperature decreases (Kousky, 1993). In winter, conditions are stormy and the sea is agitated. Fishing is practically absent from January to March. An important mechanism in schooling is visual contact between individuals. The sides of anchovies reflect light very brightly. An anchovy school can be perceived from a considerable distance (approximately 20 m or more, according to sea water turbidity) due to the myriad of light reflections. This probably aids visual contact as well as the formation and growth of the schools, thus making them vulnerable to fishing.

CONCLUSIONS

The catch of individuals smaller than 100 mm in 1983 and 1984 is noteworthy (fig. 7). These catches constitute an error in the exploitation strategy. It is suggested that massive catches of juveniles such as those of 1983 and 1984 be avoided (figs. 6, 7). Nor is it desirable to have catches on a high percentage of small individuals as occurred in 1985, 1986, 1988 and 1989. During 1988 and 1989, the proportion of small individuals was close to 50% (fig. 8). A high percentage of juveniles in the catch has a negative effect on the population. Based on this, it is suggested to effectively avoid catches exceeding 30% of individuals smaller than 100 mm standard length, in order to allow for the growth of the species and the incorporation of larger amounts of biomass into the population.

The prospects of the fishery basically depend on two aspects: the persistence of oceano-

disminuye la temperatura (Kousky, 1993). En invierno las condiciones son de tormenta y agitación del mar. De enero a marzo la pesca es prácticamente nula. Un mecanismo importante en la formación de cardúmenes es el contacto visual entre los individuos. Los lados del cuerpo de las anchovetas reflejan la luz en forma muy brillante. Un cardumen de anchoveta puede percibirse desde una distancia considerable (posiblemente 20 m o más, según la turbidez del agua), debido al gran número de reflejos de luz. Esto probablemente ayuda al contacto visual y a la formación y crecimiento de los cardúmenes, lo cual los hace vulnerables a la pesca.

CONCLUSIONES

Entre 1983 y 1984 fue notable la captura de individuos menores de 100 mm (fig. 7). Estas capturas constituyeron un error en la estrategia de explotación. Se sugiere evitar capturas masivas de juveniles, como la ocurrida en estos años (fig. 6, 7). Tampoco es deseable seguir un régimen de pesca basado en un alto porcentaje de individuos pequeños, como ocurrió en 1985, 1986, 1988 y 1989. Durante 1988 y 1989 la proporción de individuos pequeños fue cercana a 50% (fig. 8). Un alto porcentaje de juveniles en las capturas tiene un efecto negativo en la población. De lo anterior, se desprende la sugerencia de evitar efectivamente que en las capturas se exceda del 30% de individuos menores de 100 mm de longitud estándar, con objeto de permitir el crecimiento de la especie y la incorporación de mayor cantidad de biomasa a la población.

Las perspectivas de la pesquería dependen básicamente de dos aspectos: la persistencia de condiciones oceanográficas favorables para la anchoveta (sin calentamientos) y la persistencia de la explotación pesquera.

Si se llega a presentar un nuevo calentamiento del mar, la población de anchoveta seguirá en un nivel muy bajo (como en el periodo 1990-1993) y tendrá reducidas posibilidades de alcanzar niveles adecuados de abundancia en corto plazo. Por otra parte, si las condiciones ambientales son favorables, la población tendrá

gráficas condiciones favorables for the anchovy (with no warmings) and the persistence of the fishing exploitation.

If a new warming occurs, the anchovy population will remain at a very low level (as in the 1990-1993 period) and the population will have fewer possibilities of reaching suitable levels of abundance in the short term. On the other hand, if environmental conditions are favorable, the population will have the opportunity to recover. However, if the fishery continues, catches will be composed mainly of juveniles (as in the 1983-1989 period). In contrast, if the fishery stops for a period, until the biomass increases, then the possibilities for a sustained recovery will increase. Eventually, the fishery will re-open, but in a more controlled fashion.

Presently, relatively small quantities of anchovy are still being caught, although the search effort is still intense. Since the catch has strongly decreased, it can be assumed that the few schools that still exist in the environment are very important for the population. It is recommended that the anchovy schools living in the Baja California coasts be protected. While the stocks remain at low levels as at present, the individuals that make up the population can be most valuable as repopulators and breeders.

Administrative measures must be considered by Mexico as well as by the United States, since both countries have harvested considerable fractions from the population (fig. 1). The United States has a regulation in the Anchovy Fisheries Management Plan, which establishes that, when the evaluation of the spawning biomass is less than 300 thousand metric tons, the catch for reduction purposes is not allowed (California Department of Fish and Game, 1990). The feasibility of the conservation measures depends also on the consensus between fishermen, company managers, the academic sector and government; thus, it is convenient to promote a greater exchange of opinions and information among these sectors.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present work was accomplished within the project *Ecología y Comportamiento Social*

oportunidad de recuperación, aunque si continúa la pesquería, las capturas estarán compuestas principalmente por juveniles (como en el periodo 1983-1989). En cambio, si se detiene por un tiempo la pesquería, hasta que se incrementa la biomasa, entonces se darán mayores posibilidades de recuperación sostenida. Finalmente, se abriría de nuevo la pesquería, pero con un régimen de pesca más controlado.

Actualmente, se siguen capturando cantidades relativamente pequeñas de anchoveta, aunque el esfuerzo de búsqueda sigue siendo intenso. Dado que la captura ha disminuido fuertemente, cabe suponer que los pocos cardúmenes que existen en el medio ambiente se vuelven muy importantes para la población. Se recomienda que se proteja a los cardúmenes de anchoveta en las costas de Baja California. Mientras la población continúe en un nivel tan bajo como en la actualidad, los individuos que la conforman pueden ser sumamente valiosos como repobladores y reproductores.

Las medidas administrativas deben ser consideradas tanto por México como por Estados Unidos, puesto que ambos países han cosechado importantes fracciones de la población (fig. 1). Estados Unidos tiene una reglamentación en el *Anchovy Fisheries Management Plan*, que establece que, cuando la evaluación de la biomasa desovante es menor de 300 mil toneladas métricas, no se permite la captura con propósitos de reducción (*California Department of Fish and Game*, 1990). La viabilidad de las medidas de conservación depende además del consenso entre pescadores, empresarios, sector académico y gobierno, por lo que es conveniente fomentar un mayor intercambio de opiniones e información entre estos sectores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó dentro del proyecto Ecología y Comportamiento Social de la Anchoveta, desarrollado en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), y se ha basado en los anteriores estudios sobre la pesquería de anchoveta desarrollados en este Instituto. Se agradece a las autoridades del IIO y de

de la Anchoveta, at the Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) of the Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Previous studies on the anchovy fishery at this Institute have served as a basis for the present study. Support by the authorities from IIO and UABC is acknowledged with gratitude. Also, the collaboration of colleagues who provided ideas and information is appreciated, especially the personnel from the project *Peces Pelágicos Menores* at CRIP Ensenada, and coworkers from the UABC, CICESE, CIB, SWFC and SIO. Thanks to Nina Enroth for her ideas and support, and to Richard Rosenblatt and Oscar Pedrín-Osuna for their review and useful observations.

English translation by the author.

la UABC el haber apoyado el proyecto. También se agradece la colaboración de los colegas que aportaron ideas e información, especialmente al proyecto Peces Pelágicos Menores, del CRIP Ensenada, y a los compañeros de la UABC, CICESE, CIB, SWFC y SIO. Gracias a Nina Enroth por sus ideas y apoyo, así mismo a Richard Rosenblatt y a Oscar Pedrín-Osuna por sus útiles observaciones y revisiones.

REFERENCIAS

- Brinton, E. (1981). Euphasiid distributions in the California Current during the warm winter-spring of 1977-78 in the context of a 1949-1966 time series. *CalCOFI Rep.*, 22: 135-154.
- California Department of Fish and Game. (1990). Review of some California fisheries for 1989. *CalCOFI Rep.*, 31: 9-21.
- California Department of Fish and Game. (1992). Review of some California fisheries for 1991. *CalCOFI Rep.*, 33: 7-20.
- California Department of Fish and Game. (1993). Review of some California fisheries for 1992. *CalCOFI Rep.*, 34: 7-20.
- Collins, R.A. (1969). Size and age composition of northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California anchovy reduction fishery

- for the 1965-66, 1966-67 and 1967-68 seasons. In: The northern anchovy (*Engraulis mordax*) and its fishery 1965-68. **Calif. Dep. Fish and Game, Fish Bull.**, 147: 56-74.
- Collins, R.A. (1971). Size and age composition of northern anchovies *Engraulis mordax*, in the California reduction and canning fisheries 1968-69 season. **Calif. Fish and Game**, 57(4): 283-289.
- Collins, R.A. and Spratt, J.D. (1969). Age determination of northern anchovies, *Engraulis mordax*, from otoliths. In: The northern anchovy (*Engraulis mordax*) and its fishery 1965-68. **Calif. Dep. Fish and Game, Fish Bull.**, 147: 39-55.
- Cushing, D.H. (1975). **Marine Ecology and Fisheries**. Cambridge University Press, Cambridge, 277 pp.
- Chávez-Ramos, H., Silva, S. and Sunada, J. (1977). The fishery for northern anchovy, *Engraulis mordax*, off California and Baja California in 1975. **CalCOFI Rep.**, 19: 147-165.
- FAO. (1982). Métodos de recolección y análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. **FAO, Circ. Pesca**, (736) 101 pp.
- Fiedler, P.C., Methot, R.D. and Hewitt, R.P. (1986). Effects of California El Niño 1982-1984 on the northern anchovy. **J. Mar. Res.**, 44: 317-338.
- García-Franco, W., Flores-Villegas, M., Barrera-Moreno, A., Cota-Villavicencio, A., y Villanueva, J. (1988). Boletín anual temporada 1987. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.**, Secretaría de Pesca, INP, Ensenada, BC, México, 12 pp.
- García-Franco, W., Cota-Villavicencio, A., Barrera-Moreno, A., Luna-Franco, J. y Sánchez-Ruiz, F.J. (1989). Boletín anual temporada 1988. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.** Secretaría de Pesca, INP, Ensenada, BC, México, 20 pp.
- García-Franco, W., Cota-Villavicencio, A., Barrera-Moreno, A., Sánchez-Ruiz, F.J. y Luna-Franco, J. (1990). Boletín anual temporada 1989. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.**, Secretaría de Pesca, INP, Ensenada, BC, México, 18 pp.
- García-Franco, W., Granados-Gallegos, M.L., Barrera-Moreno, A., Cota-Villavicencio, A., Pedrín-Osuna, O., Luevano, A., Sánchez-Ruiz, F.J. y Luna-Franco, J. (1991). Boletín anual temporada 1990. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.**, Secretaría de Pesca, INP, Ensenada, BC, México, 16 pp.
- García-Franco, W., Cota-Villavicencio, A., Granados-Gallegos, M.L., Pedrín-Osuna, O., Barrera-Moreno, A. y Sánchez-Ruiz, F.J. (1992). Boletín anual temporada 1991. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.**, Secretaría de Pesca, INP, Ensenada, BC México, 18 pp.
- García-Franco, W., Granados-Gallegos, M.L., Cota-Villavicencio, A. y Sánchez-Ruiz, F.J. (1993). Boletín anual temporada 1992. **CRIP-CANAINPES Doc. Tec.** Secretaría de Pesca. INP. Ensenada, BC, México, 22 pp.
- Hayward, T.L. (1993). Preliminary observations of the 1991-1992 El Niño in the California Current. **CalCOFI Rep.**, 34: 21-29.
- Kousky, V.E. (1993). **Climate Diagnostics Bulletin**. US Dep. of Commerce. NOAA. National Weather Service. National Meteorological Center. Washington, DC, September 1993, 73 pp.
- Lynn, R.J., Bliss, K.A. and Eber, L.E. (1982). Vertical and horizontal distributions of seasonal mean temperature, salinity, sigma-t, stability, dynamic height, oxygen and oxygen saturation in the California Current, 1950-1978. **CalCOFI Atlas No. 30**, 513 pp.
- Lluch-Belda, D., Crawford, R.J., Kawasaki, T., McCall, A.D., Parrish, R.H., Schwartzlose, R.A. and Smith, P.E. (1989). World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. **S. African J. Mar. Sci.**, 8: 195-205.
- Lluch-Belda, D., Hernández-Vásquez, S. and Schwartzlose, R.A. (1991a). A hypothetical model for the fluctuations of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*). In: Kawasaki *et al.* (eds.) **Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and Their Environment**. Proceedings of the International Symposium,

- Sendai, Japan, 14-18 Nov., 1989, Pergamon Press. pp. 293-300.
- Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., Hernández-Vásquez, S., Salinas-Zavala, C.A. and Schwartzlose, R.A. (1991b). Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current System. **CalCOFI Rep.**, 32: 105-111.
- Lluch-Belda, D., Hernández-Vásquez, S., Lluch-Cota, D.B. y Salinas-Zavala, C.A. (1992). La variación oceánica interanual en el marco del cambio global. **Ciencia** 43, número especial, pp. 139-144.
- Mais, K.F. (1981). Age-composition changes in the anchovy, *Engraulis mordax*, central population. **CalCOFI Rep.**, 22: 82-87.
- Parrish, R.H., Mallicoate, D.L. and Mais K.F. (1985). Regional variations in the growth and age composition of northern anchovy, *Engraulis mordax*. **Fish. Bull.**, 83(4): 483-496.
- Pedrin-Osuna, O.A., Granados-Gallegos, M.L. y Cota-Villavicencio, A. (1992). Tasas de explotación y mortalidad por pesca de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), para el periodo 1974 a 1989. **Ciencias Marinas**, 18(4): 97-113.
- Salinas-Zavala, C.A., Lluch-Cota, D.B., Hernández-Vásquez, S. y Lluch-Belda, D. (1992). Anomalías de precipitación en Baja California Sur durante 1990. Posibles causas. **Atmósfera**, 5: 79-93.
- Sharp, G.D. and McLain D.R. (1993). Fisheries, El Niño-southern oscillation and upper-ocean temperature records: an Eastern Pacific example. **Oceanography** 6(1): 13-22.
- Spratt, J.D. (1972). Age and length composition of northern anchovies, *Engraulis mordax*, in the California anchovy reduction fishery for the 1969-70 season. **Calif. Fish and Game**, 58(2): 121-126.
- Spratt, J.D. (1973a). Age and length composition of northern anchovies (*Engraulis mordax*) landed in California for reduction during the 1970-71 season. **Calif. Fish and Game**, 59(2): 121-125.
- Spratt, J.D. (1973b). Age and length composition of northern anchovies, *Engraulis mordax*, in the California reduction fishery for the 1971-72 season. **Calif. Fish and Game**, 59(4): 293-298.
- Sunada, J.S. (1975). Age and length composition of northern anchovies, *Engraulis mordax*, in the California anchovy reduction fishery, 1972-73 season. **Calif. Fish and Game**, 61: 133-143.
- Sunada, J.S. (1976). Age and length composition of northern anchovies, *Engraulis mordax*, in the California anchovy reduction fishery, 1973-1974 season. **Calif. Fish and Game**, 62: 213-224.
- Sunada, J.S. (1977). The northern anchovy fishery for the 1975-76 fishing season. **Calif. Dep. Fish and Game, Mar. Res. Tech. Rep.**, 39: 27 pp.
- Sunada, J.S. (1979a). The anchovy reduction fishery for the 1976-77 season. **Calif. Dep. Fish and Game, Mar. Res. Tech. Rep.**, 42: 23 pp.
- Sunada, J.S. (1979b). The anchovy reduction fishery for the 1977-78 season. **Calif. Dep. Fish and Game, Mar. Res. Tech. Rep.**, 43: 24 pp.
- Sunada, J.S. and Silva, S. (1980). The fishery for northern anchovy, *Engraulis mordax*, off California and Baja California in 1976 and 1977. **CalCOFI Rep.**, 21: 132-138.
- Vidal-Talamantes, R. (1991). Variaciones en la composición por edades de la captura de anchoveta (*Engraulis mordax*) y alternativas para el manejo del recurso. **Ciencias Marinas**, 17(3): 73-89.