

ESTUDIO DE LA PESQUERIA DE ANCHOVETA *Engraulis mordax* EN AGUAS MEXICANAS

M. en C. Maritza Escudero D.*
Biól. Ernesto Castellanos C.*

RESUMEN

En el presente estudio se analizan algunas características biológicas (longitud, madurez gonadal, composición por sexos, edad) de las anchovetas provenientes de las descargas comerciales de 1975 a 1983 en el puerto de Ensenada, B.C.

Se observó que las capturas de pesquería de la anchoveta se basan en individuos de longitudes cada vez menores a la talla para su reproducción.

En los reproductores, las hembras presentaron una longitud mayor que la de los machos, las proporciones de los estadios gonadales no se mantienen; asimismo, el pico, intensidad y magnitud de la reproducción es variable año con año.

Ha disminuido la proporción de hembras a machos a través del tiempo y en algunos meses del año predominan los machos; la estructura de edad no se mantiene y las altas temperaturas disminuyen el porcentaje de los reproductores.

La captura y el esfuerzo pesquero se relacionan linealmente, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), como índice de disponibilidad del recurso está más relacionado con el tiempo que con el esfuerzo pesquero. Los modelos de Schaefer y Fox, no son aplicables a la pesquería de la anchoveta; el modelo de Pella y Tomlinson ofrece una adecuada descripción de la pesquería, del crecimiento rápido y del desplome súbito; finalmente, se obtuvo un modelo autorregresivo para describir el proceso de la captura por unidad de esfuerzo trimestral, pronosticándose valores muy bajos para el año de 1984.

Por lo anterior, se considera que la irregularidad en los incrementos en las tasas de captura, los cambios en la estructura poblacional y la tendencia general de la pesquería, son un reflejo de la inestabilidad de la población bajo condiciones no reguladas de pesca con expectativas de recuperación tardía.

ABSTRACT

In this paper, some biological characteristics on anchovy are analyzed (length, gonadal maturity, sexual and age structures), arising from commercial unloadings from 1975 to 1983 of the Ensenada, B.C. port.

The anchovy's fishery has been supported on shorter individuals than required for spawning. The females presented longer size than males; the gonadal structure and the top, intensity and magnitude of the spawning season are irregular year by year.

The sex ratio, female: male, is going down through the time and the males proportion is higher in some months. The age structure is variable and the spawning magnitude decreases with higher temperatures.

Catch and effort have a lineal relationship and the catch per unit effort (CPUE) like availability index is stronger related with the time than the effort. The data didn't have a good fit to the Schaefer and Fox models; the Pella and Tomlinson model gives a good tendency of the fishery showing speed growth and suddenly collapse, and autorregressive model was obtained to describe the quarterly series of catch per unit effort and the 1984 CPUE forecasted was lower.

Finally, the lower catches, the population fluctuation structure and the fisheries tendency, showed the instability population on unregulated situation and the recover stock will be late.

INTRODUCCION

Una de las necesidades esenciales del hombre a través de su historia, ha sido la búsqueda de ali-

mento, ya que al comprender la riqueza potencial que encierran los océanos al respecto, entendió no solamente su importancia, sino también su vulnerabilidad; es por ello que día a día

* Dirección de Apoyo Técnico y Científico.
Instituto Nacional de la Pesca.

aumenta el interés por realizar investigaciones que conduzcan a un adecuado manejo de sus riquezas.

Las márgenes orientales de los océanos son regiones de alta productividad (Cushing, 1969), siendo la corriente de California una de las cuatro áreas principales de mayor productividad, por lo que cuenta con uno de los potenciales pesqueros más altos en el mundo (Cushing, 1975) y ha sido estudiada en forma intensiva y continua por más de 40 años (Kramer *et al.*, 1972).

Una de las especies de mayor importancia económica y ecológica de la corriente de California es la anchoveta norteña, *Engraulis mordax mordax* (Girard, 1856), la cual ha sido estudiada también en forma permanente a raíz de la disminución en los volúmenes de captura de la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*) a partir de 1949 (Kramer *et al.*, *op. cit.*), a través del Programa California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI).

Para México, la anchoveta es uno de los pilares en la producción total de los recursos pesqueros en cuanto a volúmenes de captura nacional se refiere; la fase industrial de esta pesquería es una de las más recientes del Sector Pesquero Nacional, no forma parte de los productos pesqueros de exportación, es un insumo industrial más que para consumo humano directo y es la especie que ha presentado las tasas más altas de crecimiento en sus capturas (Villamar *et al.*, 1979).

En México, el estudio de la anchoveta en forma integral y multidisciplinaria se inició a fines de 1974 a través del Programa Anchoveta del Instituto Nacional de la Pesca (Anónimo, 1974); su buena planificación, atención científica y técnica recibida en sus inicios, permitieron lograr un diagnóstico integral de la pesquería hasta 1978, así como prevenir el curso de la pesquería (Villamar *et al.*, *op. cit.*). Desafortunadamente el estudio de la anchoveta se ha parcializado y reducido día a día.

Dada la importancia que reviste el recurso anchoveta para nuestro país y por considerar factible su transformación para consumo humano directo, el presente estudio biológico-pesquero de la anchoveta en aguas mexicanas, realizado de 1975 a 1983, pretende dar a conocer algunas características de la población sujetas a explotación, así como de las tendencias de la misma, a fin de optimizar su administración racional para obtener la máxima producción durante el mayor tiempo posible, conservando la más alta capacidad reproductiva y calidad del recurso con el

menor gasto de medios y esfuerzo y con el mayor beneficio social.

MATERIAL Y METODOS

1. Características biológicas

La información utilizada se obtuvo de los muestreos biológicos de las descargas comerciales que de 1975 a 1983 ha realizado en Ensenada, B. C., el Programa Anchoveta del I.N.P.

Para analizar la longitud patrón de las anchovetas de la captura comercial, se obtuvieron las curvas acumulativas de distribución de frecuencias, expresadas en porcentaje en intervalos de clase de 5 mm. de longitud. Para conocer la secuencia reproductiva y la temporada de reproducción de anchoveta, se obtuvieron los porcentajes mensuales de los estadios II, III, IV y V; no se consideró en este análisis a los estadios 0 y VI por ser muy poco frecuentes a lo largo del período estudiado.

Para conocer la composición por sexos, así como la estructura de edad de las anchovetas reproductoras, se obtuvieron los porcentajes mensuales y/o anuales para las temporadas de 1975 a 1983.

2. Relación de los reproductores con la temperatura superficial e índices de surgencias

Con el objetivo de conocer el comportamiento de los reproductores con respecto a la temperatura superficial del mar y con el índice de surgencias, se llevó a cabo una regresión lineal múltiple, considerando como variable dependiente al porcentaje mensual de los reproductores y, como variables independientes, a la temperatura superficial del mar (°C) y al índice de surgencias ($m^3/seg./100$ m. de costa), tomados estos últimos de Lelevier (1982).

3. Registros de las capturas y esfuerzos de pesca

Los registros de las capturas comerciales se obtuvieron directamente de las estadísticas elaboradas en Ensenada, B.C., por el personal del Programa Anchoveta, y se consideró la descarga por día, equivalente a un viaje por día según Villamar *et al.* (*op. cit.*), por lo que la medida nominal de esfuerzo pesquero es el número de viajes por barco.

4. Normalización del esfuerzo

Se consideró adecuado agrupar a los barcos de acuerdo con su capacidad de bodega, obteniéndose seis grupos de barcos con rangos de 50 ton. La normalización del esfuerzo se realizó con base en el grupo de 101 a 150 ton. de capacidad de bodega.

Para obtener los factores de normalización del esfuerzo pesquero, se utilizó el programa de computación (F POW) desarrollado por Abramson (1971); el cual utiliza el método descrito por Robson (1966).

5. Aplicación de modelos a la pesquería

Para medir el grado de asociación entre la captura y el esfuerzo pesquero anuales, se aplicó una regresión lineal simple; para conocer el comportamiento de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ante el esfuerzo pesquero y el tiempo, se aplicó una regresión lineal múltiple.

Para el cálculo de las existencias de anchoveta se consideró el trabajo de Pella y Tomlinson (1969) y la magnitud de los valores introducidos para el ajuste, dado que los intervalos son de un año, son los que sugieren los mismos autores.

Con el fin de obtener un modelo predictivo de la CPUE se decidió aplicar la técnica de series de tiempo a períodos trimestrales de 1972 a 1983 (marzo-mayo, junio-agosto, septiembre-noviembre, diciembre-febrero), siguiendo la metodología de Box y Jenkins (1976).

RESULTADOS

1. Longitud patrón de las anchovetas

Pudo observarse una tendencia a la reducción de la longitud en un 50 por ciento (Fig. 1) en los individuos de la captura comercial a través del tiempo. Si consideramos el número de individuos menores de 98 mm. que han sido capturados por la flota comercial, éstos fluctuaron desde un 12.5 por ciento en 1975 hasta un 79.5 por ciento en 1983; este hecho ha propiciado alteraciones en la población y, en consecuencia, en los volúmenes de captura.

Respecto a los reproductores (Fig. 2) se observó en todos los años (1975-1983) una longitud del 50 por ciento de madurez sexual mayor en las hembras que en los machos.

Al observar las longitudes promedio anuales (Fig. 3) es notable la tendencia a la disminución, a través del tiempo, en ambos sexos.

2. Madurez gonadal

Las proporciones de los diferentes estadios gonadales no se mantienen a través de los años (Fig. 4) aun cuando todos los estadios se presentan durante todo el año.

Los organismos con diferenciación (estadio II) predominan fundamentalmente en la segunda mitad del año, lo que indica que éste es el estadio más largo; los individuos en maduración y maduros (estadios IV y V) presentan la moda más alta en la primera mitad del año, los estadios restantes (estadios 0 y III) tienen poca representatividad o bien su tendencia no es clara.

3. Temporada de reproducción

Al observar los porcentajes mensuales de las anchovetas maduras (Fig. 5) se advierte que la anchoveta es una especie que puede reproducirse todo el año, y que no todas maduran al mismo tiempo ni en una sola época del año.

Pese a la carencia de información en los primeros meses de algunos años, es posible observar que no existe un mes moda fijo en la reproducción, sino una primer temporada masiva de reproducción en los meses de febrero, marzo, abril y mayo y otra temporada de mucho menor importancia en los meses de agosto y septiembre.

Además el inicio, magnitud y duración de las temporadas de desove es variable a través de los años, no pudiendo precisarse si el final de un desove es el inicio del siguiente por la ocurrencia de desoves parciales a lo largo del año.

4. Composición sexual

La proporción anual de hembras-machos es significativamente mayor a 0.5 y ha cambiado a través del tiempo (Fig. 6), siendo notable que la proporción de la hembra disminuyó de 2.8 a uno en 1975; de 1.76 a uno en 1983, aunque no existe una asociación lineal entre el tiempo y las proporciones observadas.

Si observamos la proporción de sexos de anchoveta mensualmente (Fig. 7), notamos que a excepción de diciembre de 1976 y de 1977 en todos los meses del año predominan las hembras e incluso en esos meses llega a ser significativamente mayor la proporción de machos, y esto parece estar relacionado con los meses con una alta tasa de reproducción.

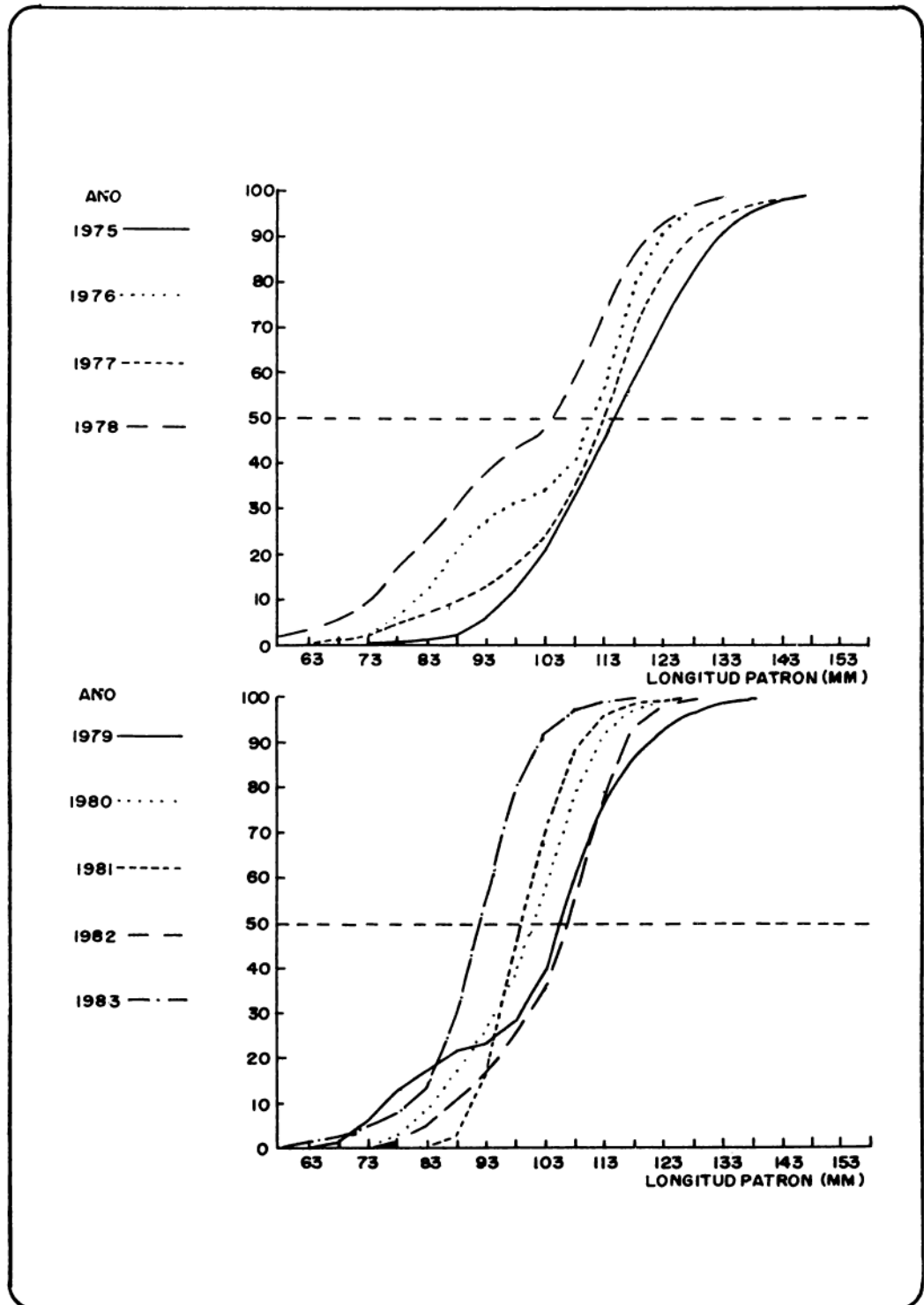


FIG. I. CURVAS ACUMULATIVAS DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LONGITUD PATRON DE LAS ANCHOVETAS.

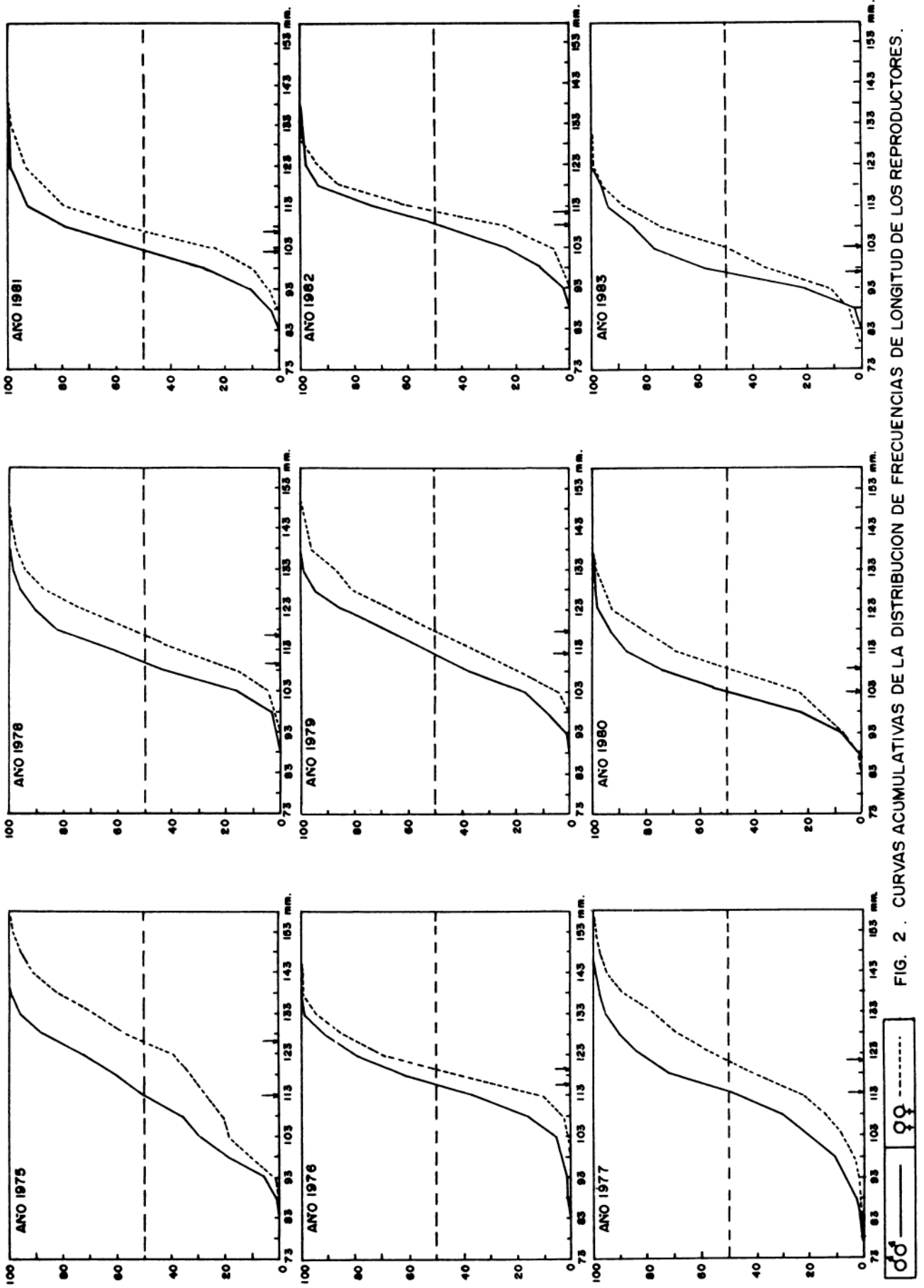


FIG. 2 . CURVAS ACUMULATIVAS DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LONGITUD DE LOS REPRODUCTORES.

♂ ———— ♀ - - - - -

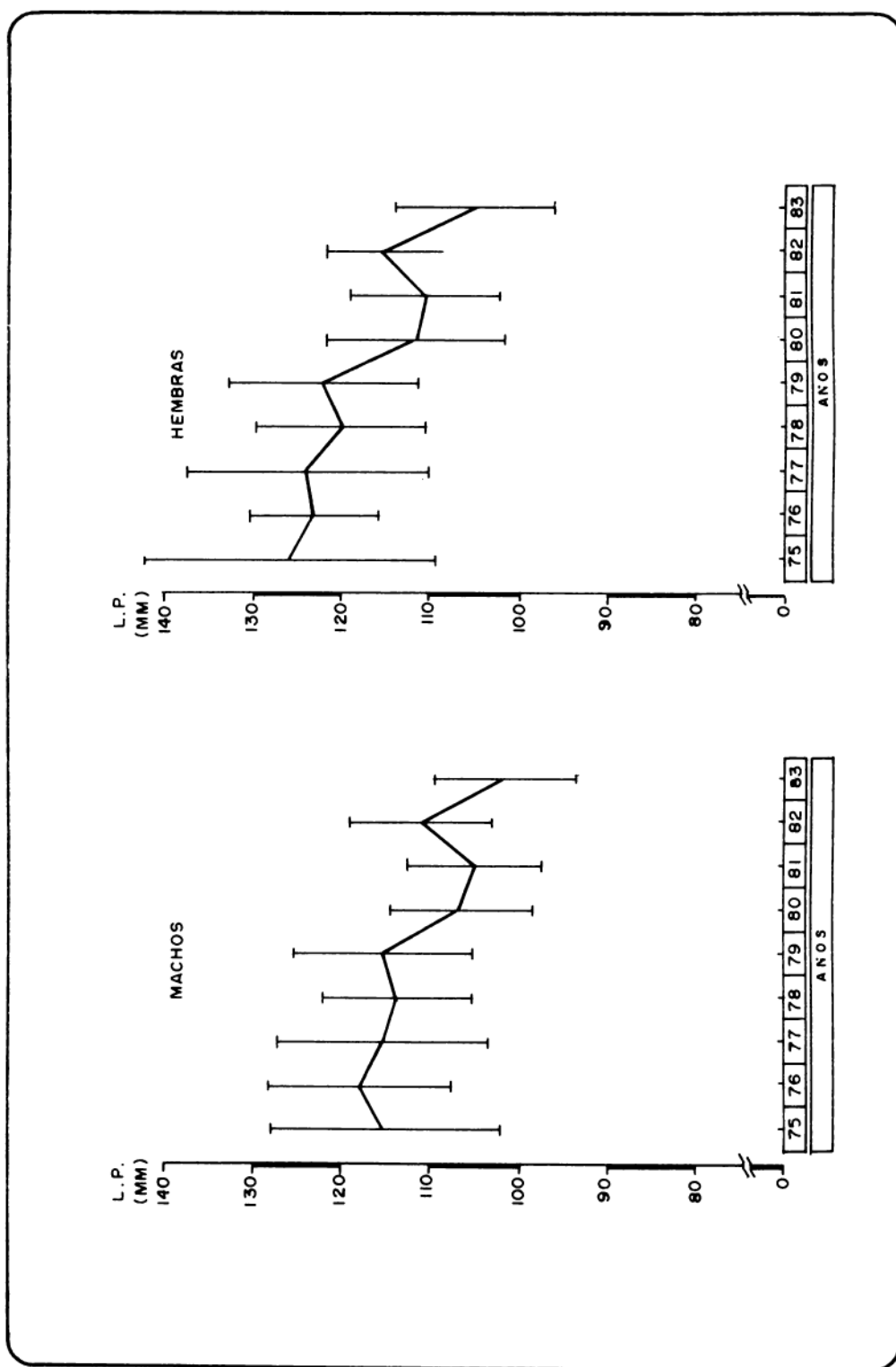


FIG. 3. LONGITUDES PROMEDIO ANUALES Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS REPRODUCTORES DE ANCHOVETA.

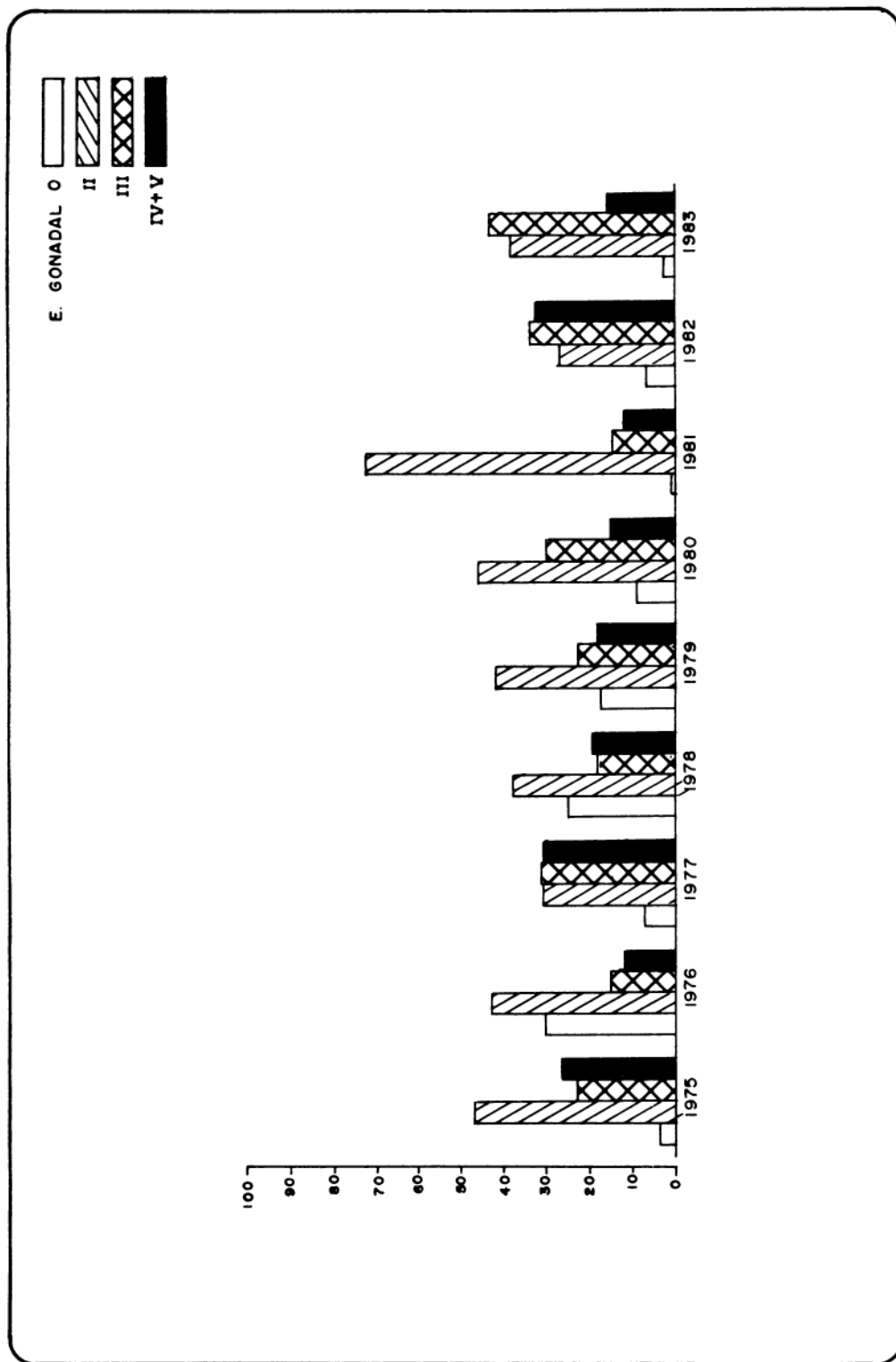


FIG. 4. COMPOSICION ANUAL DE LOS ESTADIOS DE MADUREZ GONADAL DE ANCHOVETA (1975 - 1983).

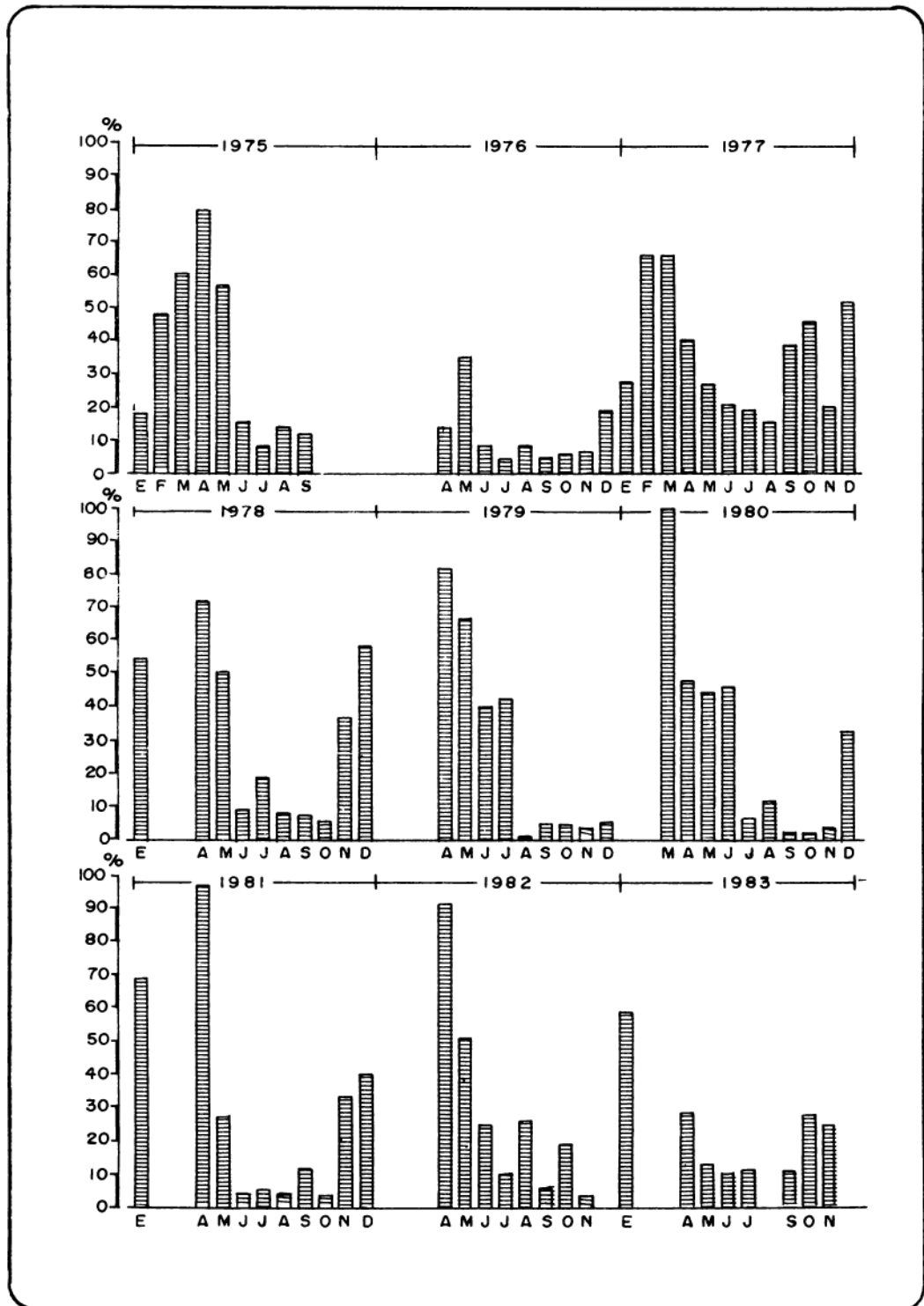


FIG. 5. DISTRIBUCION MENSUAL DE LOS REPRODUCTORES DE ANCHOVETA.

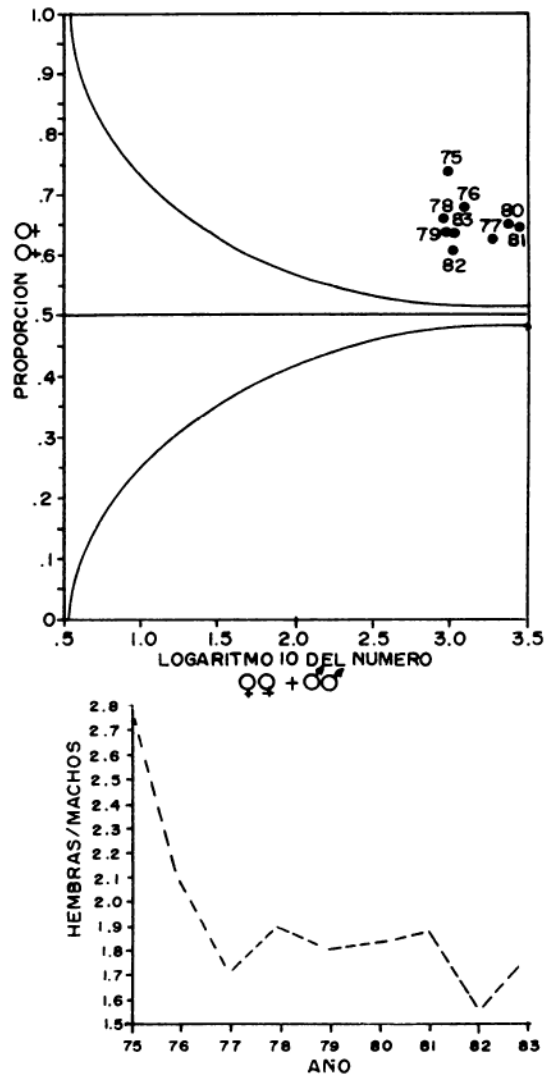


FIG. 6. PROPORCION ANUAL DE HEMBRAS DE ANCHOVETA (1975-1983) Y RELACION HEMBRAS-MACHOS A TRAVES DEL TIEMPO (1975-1983).

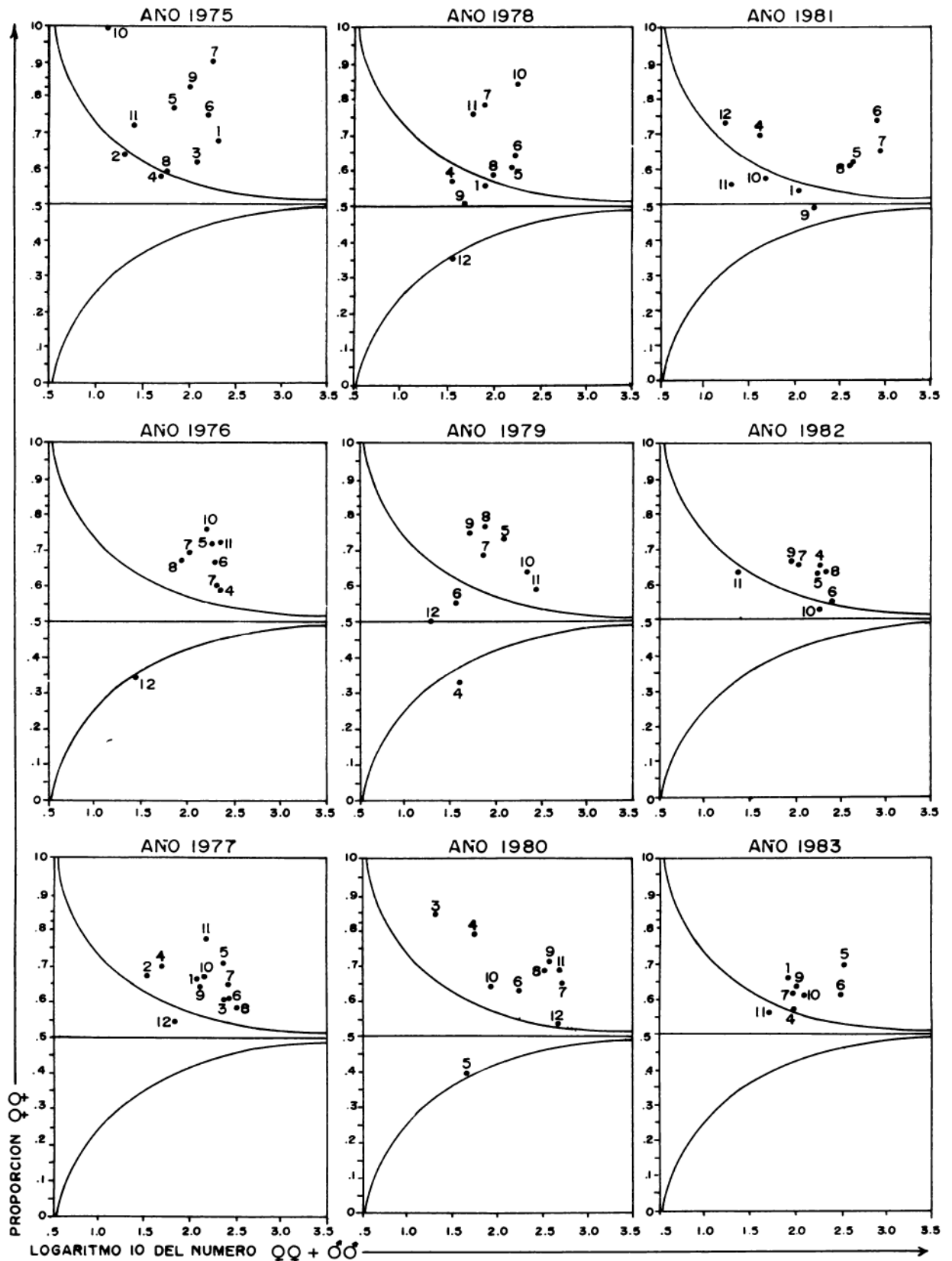


FIG. 7. PROPORCIÓN MENSUAL DE HEMBRAS DE ANCHOVETA POR EL PERIODO (1975-1983).

5. Edad de los reproductores

La composición porcentual anual de las edades de la anchoveta madura (Fig. 8) mostró que se reproduce en todas las edades y que la estructura no se mantiene a través del tiempo. Los reproductores de dos años de edad son los de mayor participación en la reproducción (excepto en 1978), además se observa una mayor participación de reproductores con edades menores en las últimas temporadas estudiadas.

6. Relación de los reproductores con la temperatura superficial e índices de surgencias

Al comparar los ciclos anuales de temperatura superficial, los índices de surgencias y la abundancia relativa de los reproductores (Fig. 9), se observó un desplazamiento, entre ellos: el índice de surgencias no aporta información para explicar la variabilidad en la abundancia relativa de los reproductores, posiblemente por no ser un factor de influencia inmediata; sin embargo, con la temperatura superficial hay una relación lineal significativa: por cada grado de aumento en la temperatura, disminuye en promedio el siete por ciento de los reproductores. Obviamente el modelo obtenido ofrece una explicación baja.

7. Capturas e intensidad de pesca

– Capturas

Las capturas comerciales de anchoveta se realizan prácticamente durante todo el año, notándose que en los meses de febrero y marzo de los últimos cuatro años ya no hay capturas. Se presenta un máximo interanual en las capturas, en los meses mayo-junio y octubre-noviembre (Fig. 10).

Las capturas anuales de anchoveta, a través del período analizado, se muestran en la figura 11, donde se observa un incremento a partir del año 1973 (exceptuando a 1978) hasta un máximo de 258,745 toneladas en 1981, año a partir del cual hay un brusco decremento en las capturas hasta alcanzar 87,429 toneladas en 1983.

– Intensidad de pesca

El máximo número de embarcaciones que operaron en la pesquería, fue de 60 en el año de 1978, reduciéndose este número a 40 unidades en 1983. Asimismo, el número de viajes anuales se ha incrementado notablemente desde el año

de 1973 hasta alcanzar un máximo de 3,398 viajes en 1981, reduciéndose éstos, a partir de este año.

8. Factores de normalización del esfuerzo pesquero

Los factores de normalización del esfuerzo (F.N.) obtenidos para la flota anchovetera son:

Grupo de Barco	F.N. (Ene.-Dic.)	F.N. (May.-Oct.)	F.N. (Ene.-Abr.-Nov.-Dic.)
I	0.314	0.292	0.388
II	0.643	0.601	0.797
III	1.000	1.000	1.000
IV	1.097	1.088	–
V	1.157	1.101	1.139
VI	2.389	2.425	2.338
Número de observaciones	1,994	1,480	526

Los valores anuales del esfuerzo normalizado y de la captura por unidad de esfuerzo se ofrecen en la tabla 1, los cuales son analizados a través de los modelos subsiguientes.

9. Modelo lineal de la captura y el esfuerzo

El modelo de regresión ajustado para la captura (C) y el esfuerzo pesquero (F) anual de la pesquería de anchoveta de 1972 a 1983 es:

$$C = 7269.799 + 42.433 F$$

La relación lineal entre el esfuerzo y la captura es altamente significativa ($\alpha = 0.01$). En el lapso estudiado, por cada viaje realizado hay un incremento en la captura de 42,433 toneladas.

10. Modelo lineal de la CPUE, esfuerzo y tiempo

El modelo de regresión lineal múltiple ajustado para la CPUE anual (captura/viaje) para los años de 1975 a 1983 es:

$$\ln: CPUE = 4.56858 + 0.000577 \text{ viajes} - 1.19178 \text{ años}$$

El cual indica que por cada año que pasa, manteniendo constante el número de viajes, hay una disminución en promedio de 1.19178 unidades del \ln de la CPUE, es decir, de 3.3128 unidades en este parámetro, observándose tam-

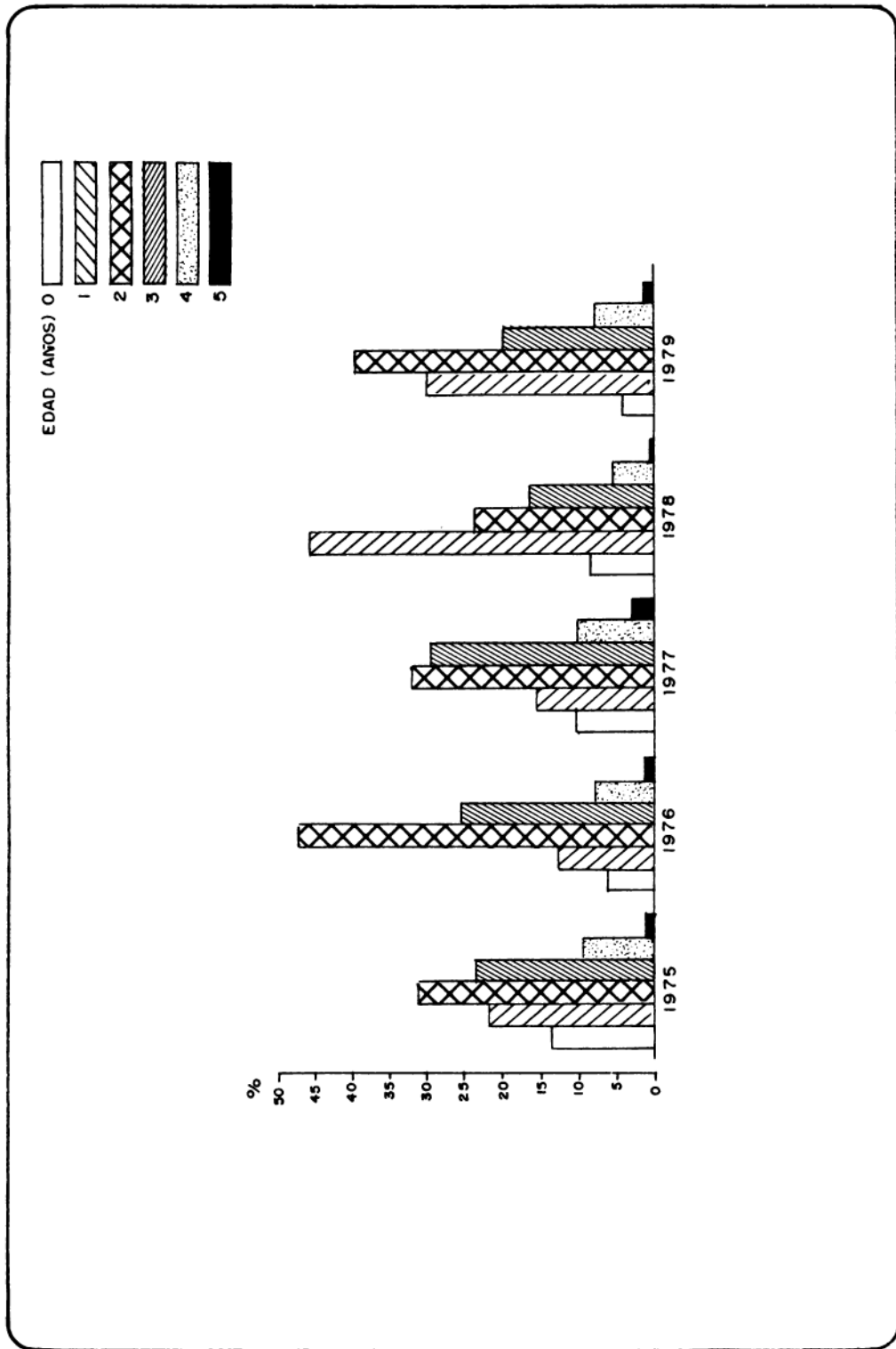


FIG. 8 . COMPOSICION ANUAL DE LOS GRUPOS DE EDAD DE LOS REPRODUCTORES DE ANCHOVETA (1975 - 1979) .

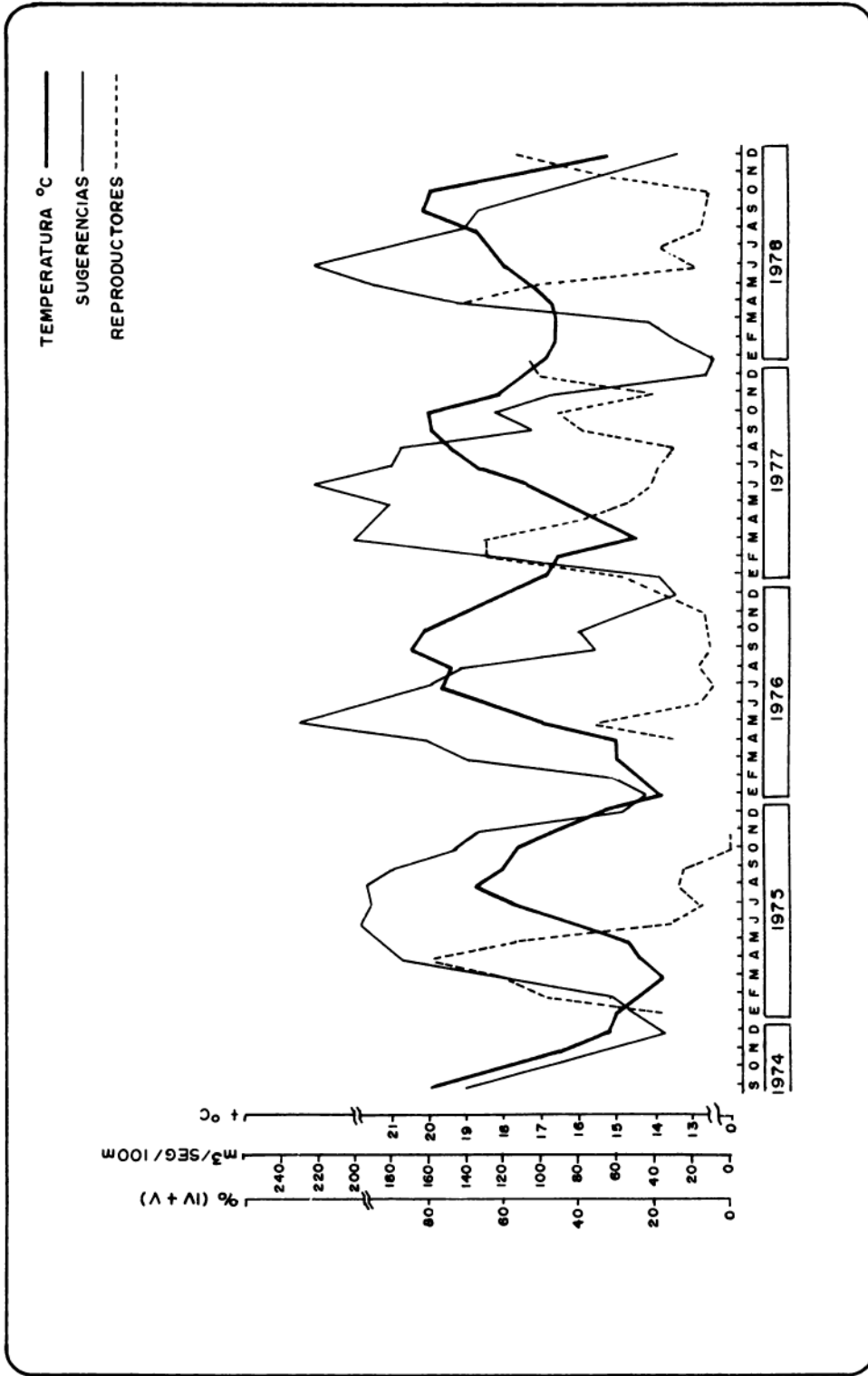


FIG. 9. DISTRIBUCION MENSUAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL, INDICE DE SURGENCIAS Y REPRODUCTORES DE ANCHOVETA (1975 - 1978).

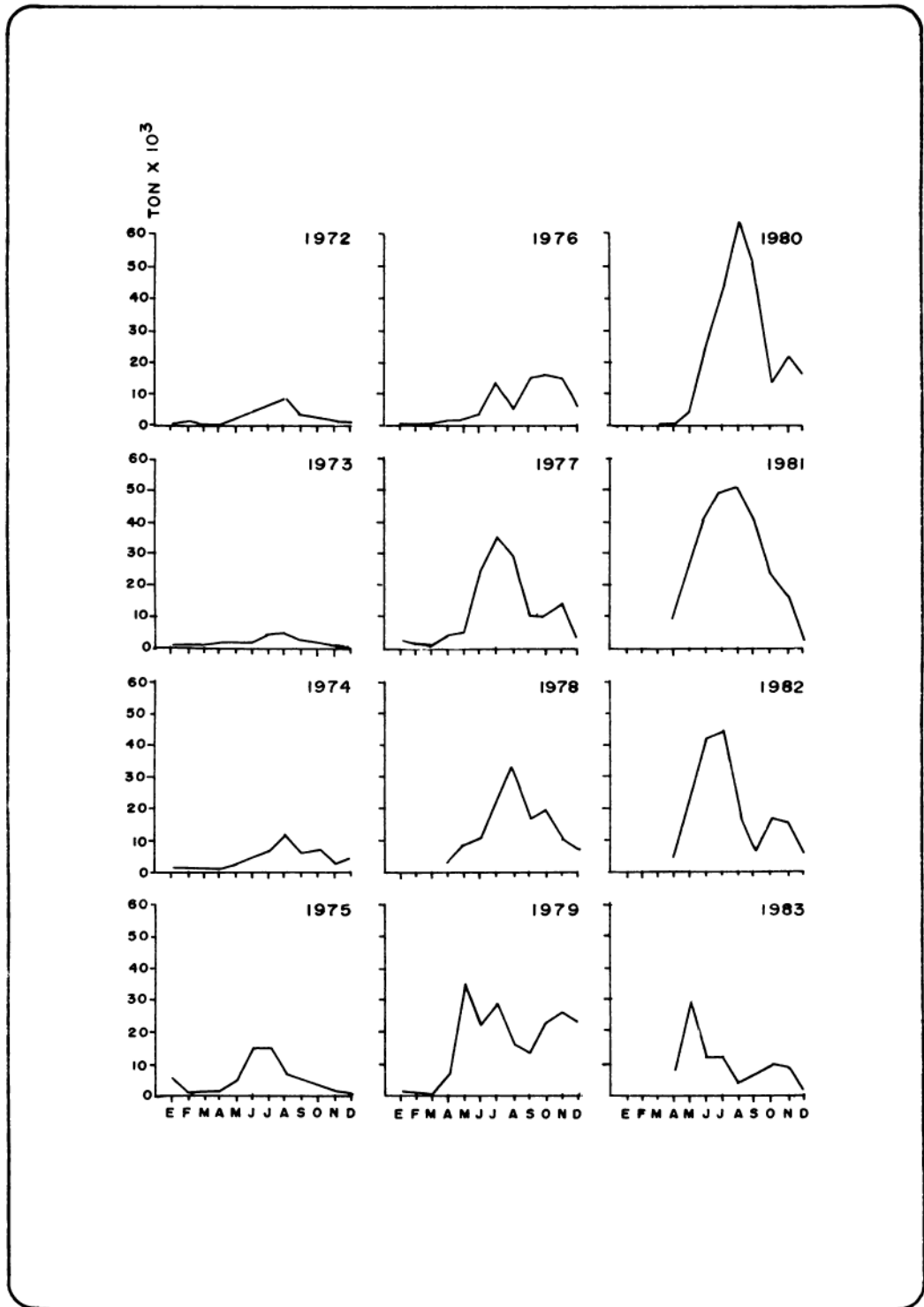


FIG. 10. CAPTURAS MENSUALES DE ANCHOVETA EN B.C. (1972- 1983).

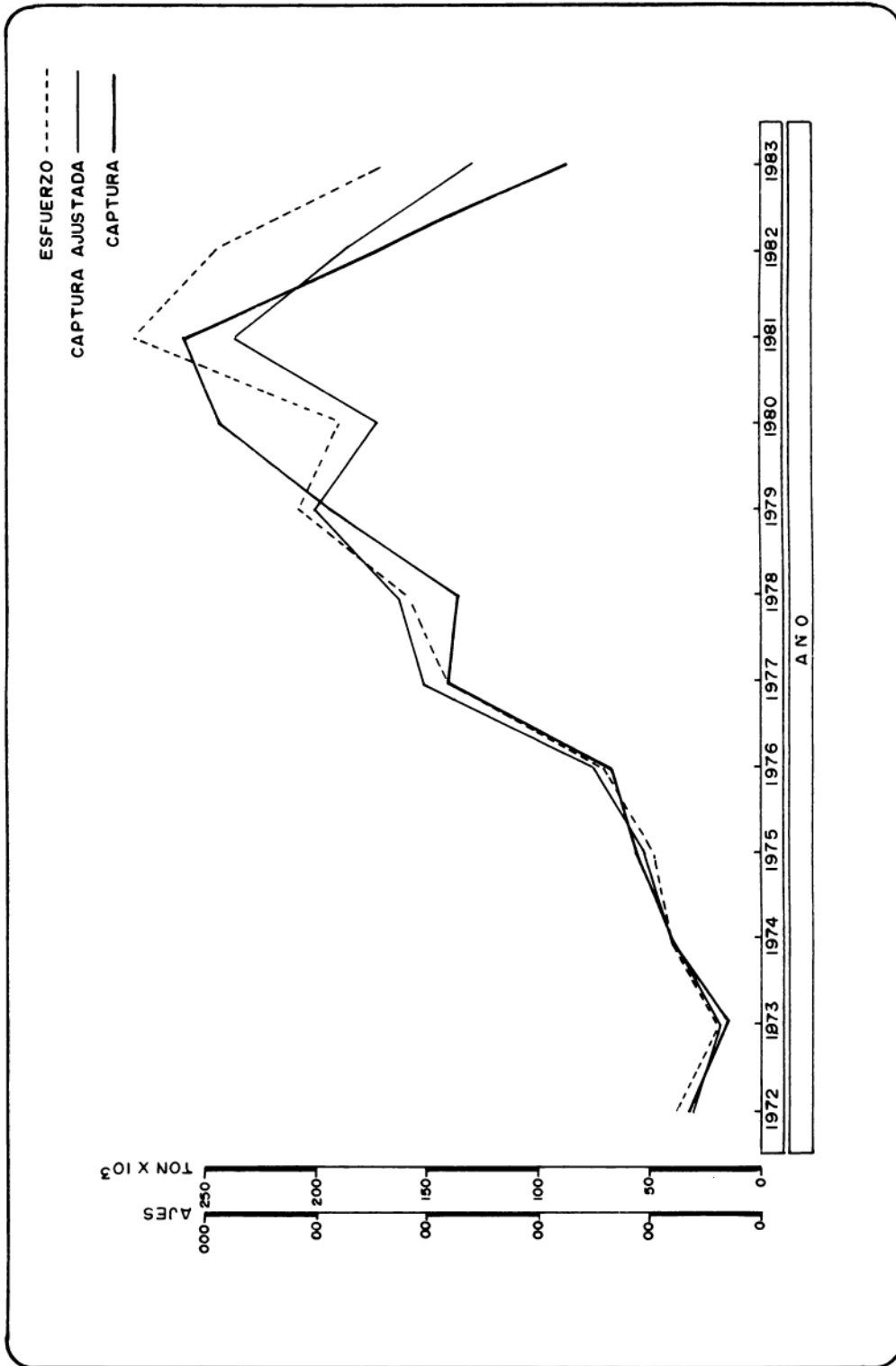


FIG.11. CAPTURAS (TONS.) Y ESFUERZOS (VIAJES) ANUALES DE LA FLOTA ANCHOVETERA (1972 - 1983).

TABLA 1. VALORES ANUALES OBSERVADOS DE LA CAPTURA, ESFUERZO NORMALIZADO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO DE ANCHOVETA DE 1972 A 1983

<i>Año</i>	<i>Captura (Toneladas)</i>	<i>Esfuerzo (Viajes)</i>	<i>C/F (Ton/Viaje)</i>
1972	32623	761.42	42.84
1973	14840	403.78	36.75
1974	39807	792.56	50.29
1975	55162	943.39	58.47
1976	76061	1354.54	56.15
1977	142214	2791.19	50.95
1978	135038	3169.19	42.61
1979	192474	4176.29	46.09
1980	242906	3805.06	63.84
1981	258745	5629.30	45.96
1982	174636	4904.78	35.61
1983	87429	3429.41	25.49

bién una mayor asociación de la CPUE con el tiempo que con el esfuerzo.

11. Modelo de Pella y Tomlinson

Las estimaciones obtenidas para la pesquería de anchoveta con el método de Pella y Tomlinson, se ofrecen en la tabla 2, observándose que todos ellos marcan una tendencia simétrica positiva del modelo de la producción de la pesquería de anchoveta. Con $M = 4.1$ se obtiene la mínima suma de cuadrados y máxima correlación, considerándose éste el mejor ajuste a los datos observados de captura y esfuerzo en la pesquería de anchoveta para el período analizado (1972-1983).

La captura por unidad de esfuerzo presenta un decremento a partir de su valor máximo (62.56 toneladas/viaje) a medida que se incrementa el esfuerzo pesquero.

12. Serie de tiempo trimestral de la captura por unidad de esfuerzo pesquero

A partir de la serie trimestral de 1972 a 1983 de la CPUE se identificó el modelo AR (2,1,0) autorregresivo de orden dos en la primera diferencia.

El modelo ajustado es el siguiente:

$$CPUE_t = 0.9601 - 0.4009 CPUE_{t-1} - 0.5861 CPUE_{t-2}$$

La serie observada y estimada de la CPUE se presenta en la figura 12, notándose que a pesar de ser un modelo adecuado para describir el proceso de la serie, los límites de confianza en sus predicciones son amplios; cabe hacer notar que los pronósticos obtenidos de la CPUE para el año de 1984 son los más bajos de toda la serie observada. Dichos pronósticos pueden ser más precisos retroalimentando la serie con los valores que se vayan observando a través del tiempo.

DISCUSION

En relación con los muestreos biológicos utilizados en este estudio, cabe señalar que dicho monitoreo, a pesar de ser uno de los más completos en el país, tiene limitaciones, principalmente, por depender de las descargas comerciales, por lo que la mayor parte del análisis se restringe (pasando por alto su diseño de muestreo, tamaño de muestra, etc.) a inferencias de la porción de la población sujeta a explotación comercial, de igual modo que el planteamiento hipotético de la relación entre el recurso y su medio ambiente.

El hecho de que la pesquería se sustente más en individuos de talla cada vez menor puede haber contribuido a la baja en las existencias en años recientes, dado que la tasa reproductiva varía con la edad y tamaño (Nikolskii, 1969).

Respecto a las características biológicas, las diferencias de longitud observadas entre los reproductores de ambos sexos podrían conside-

TABLA 2. ESTIMACIONES DE LOS PARAMETROS PARA LA PESQUERIA DE ANCHOVETA CON DIVERSOS VALORES DE MUTI-LIZANDO EL MODELO DE PELLA Y TOMLINSON

<i>N</i>	<i>Fopt</i>	<i>Umax</i>	<i>q</i>	$P(o)/Pmax$	<i>Cmax</i>	<i>Popt.</i>	<i>Pmax.</i>	<i>H</i>	<i>K</i>	<i>S.C.(10¹⁰)</i>	<i>R</i>
2.0	2424	60.70	.206x10 ⁻⁴	.950	73594	1471887	2943774	-.339x10 ⁻⁷	- 0.1000	.838420	.3287
2.2	8361	57.45	.110x10 ⁻²	.536	249042	27076	52232	-.367x10 ⁻⁴	- 16.8600	.107674x10	.8576
2.3	4636	61.92	.399x10 ⁻⁴	.736	151283	815753	1548138	-.294x10 ⁻⁸	- 0.3281	.868561	.8851
2.6	4154	62.56	.399x10 ⁻⁴	.712	143029	860809	1564087	-.331x10 ⁻¹⁰	- 0.2700	.854519	.8870
2.9	3993	61.92	.399x10 ⁻⁴	.720	141194	883983	1548138	-.423x10 ⁻¹²	- 0.2438	.852571	.8873
3.2	3779	61.92	.399x10 ⁻⁴	.712	137912	912426	1548138	-.530x10 ⁻¹⁴	- 0.2199	.845108	.8882
3.5	3832	62.56	.499x10 ⁻⁴	.608	145265	758100	1251125	-.153x10 ⁻¹⁵	- 0.2683	.843867	.8884
3.8	3779	61.92	.499x10 ⁻⁴	.616	145262	768837	1238497	-.223x10 ⁻¹⁷	- 0.2564	.841740	.8887
4.1	3564	62.56	.499x10 ⁻⁴	.562	141460	793757	1251281	-.295x10 ⁻¹⁹	- 0.2357	.827885	.8905

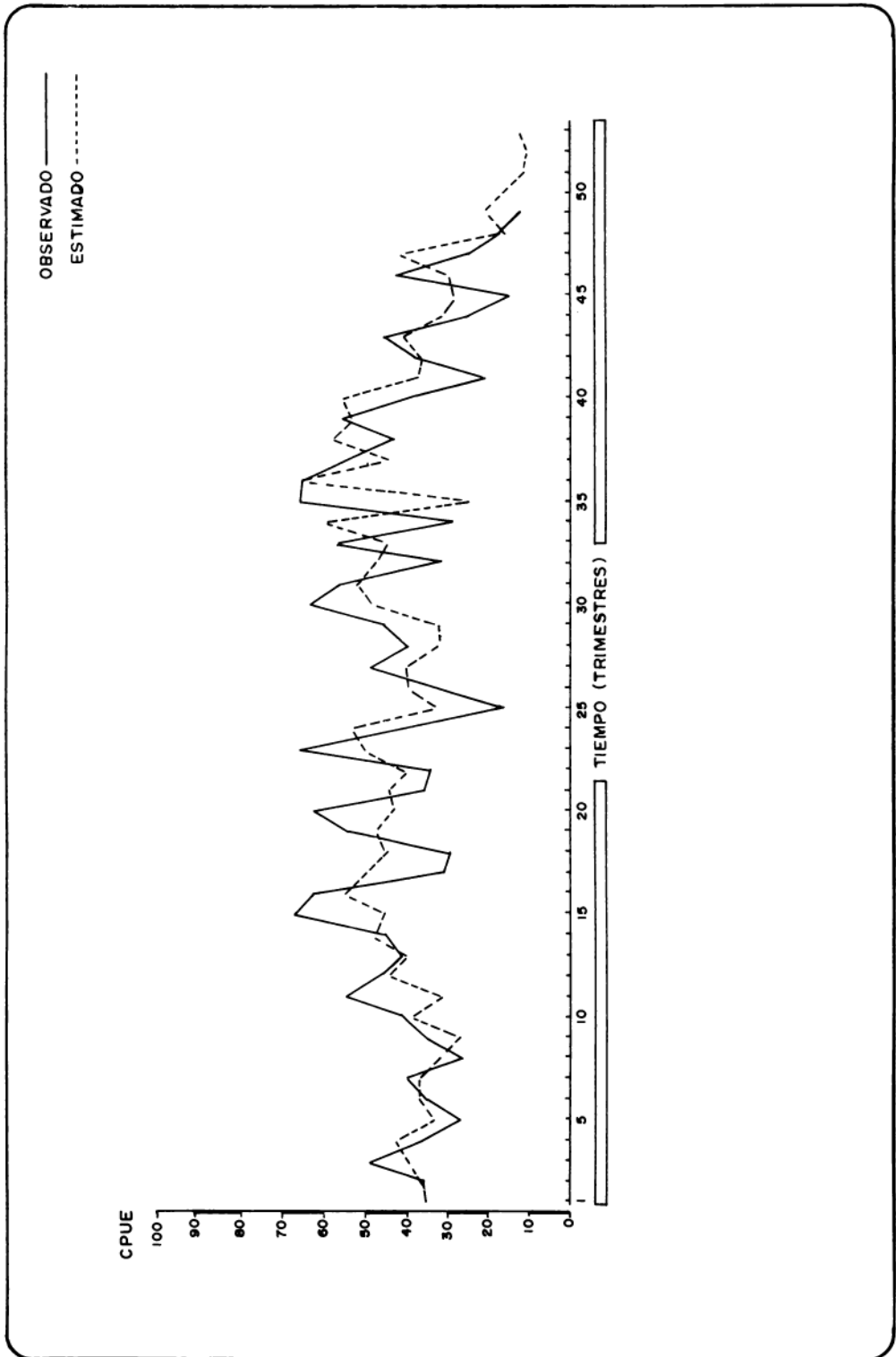


FIG. 12. SERIE DE TIEMPO DE LA CPUe TRIMESTRAL (1972 - 1984).

rarse como parte de la estrategia reproductiva de la anchoveta para asegurar la sobrevivencia de la progenie; asimismo, este hecho les provee de una alta fecundidad, lo cual incrementa la población (bajo una cantidad dada de alimento) como lo señala Zamakhaev (1959); sin embargo, la participación en la reproducción de anchovetas cada vez más pequeñas podría reflejarse en una tasa de reproducción mayor, así como en una respuesta a los cambios ambientales, principalmente a la temperatura, acelerando el ritmo de madurez gonadal.

El desove de individuos de todas las edades puede estar relacionado con diferencias en la estabilidad de las condiciones de apareamiento (Nikolskii, 1969); otra observación en la biología de la anchoveta es el cambio que ha presentado en su estructura sexual a través del tiempo, lo cual pudiera reflejar una respuesta adaptativa al suplemento alimenticio (cantidad y calidad) con consecuencias en la tasa de reproducción y sobrevivencia larval (Hjort, 1914; Lasker, 1975, 1978, 1981).

La predominancia de machos aparentemente asociada a los meses de la reproducción observada en la anchoveta, es un reflejo de la segregación sexual, así como una respuesta de la población a incrementar su fecundidad, estimulando los desoves.

Particularmente en la anchoveta se ha observado una segregación por sexos (Klingbeil, 1978) y la mayoría de los desoves ocurren en cardúmenes dominados por los machos (Hunter y Goldberg, 1980), pudiendo ser esto un mecanismo para asegurar una alta tasa de fertilización. Otros autores han interpretado, en otras especies, que el excedente de machos en las zonas de desove se debe a que los machos permanecen ahí más tiempo (Anokhina, 1962; Romanchev, 1962) o porque los machos arrojan espermia gradualmente (Monastyrskii, 1940; Persov y Sakun, 1962).

Los cambios observados en la estructura de edad en los reproductores de anchoveta pudieran deberse a fluctuaciones en el suplemento alimenticio, así como a la maduración temprana, además a la alteración en la proporción de sexos; de corroborarse posteriormente con datos de edad de 1980 en adelante, a la disminución en el lapso de vida (Nikolskii, *op. cit.*). Algunos autores han observado que se acelera el crecimiento en respuesta a la presión de pesca, conduciendo a un rejuvenecimiento de la población.

Otros autores señalan que los cambios fuertes en el reclutamiento, provocan cambios de mag-

nitud considerable en las existencias de la población adulta, afectando principalmente la fecundidad, la calidad de los huevos y la sobrevivencia larval.

Las variables ambientales que controlan el período de reproducción de la anchoveta no están entendidas hoy en día (Blaxter y Holliday, 1963) y parece estar pobremente entendida para los peces en general (Vlaming, 1972).

A partir de la observación gráfica de los ciclos de surgencias y de la abundancia relativa de los reproductores, podría señalarse que el desove masivo invernal que presenta la anchoveta puede estar marcado para interceptar la producción de fitoplancton al principio del ciclo de producción como lo señala Lasker (1975, 1978). El período óptimo del ciclo de la reproducción, posiblemente esté controlado por los hábitos alimenticios de las larvas, por las tasas de crecimiento de larvas y juveniles, así como por los cambios estacionales en la estructura de la población del zooplancton (Hunter *et al.*, 1981). Las larvas producidas tardíamente en la estación pueden alcanzar el tamaño mínimo de reproducción muy tarde y reproducirse cuando tengan un año de edad (Methot, 1981).

En un desovador múltiple como se presenta en la anchoveta, la duración de la temporada de desove depende de la frecuencia del desove y ésta a su vez, depende de la disponibilidad de alimento para la población reproductora (Hunter y Leong, 1981). Asimismo, estos autores señalan que cuando una población está en tensión por falta de alimento debido a la presencia de aguas cálidas, la duración de la estación de desove es más corta y el número de desoves por hembra puede ser menor.

Hjort (1914) señala que el estadio larval es el más vulnerable en el ciclo de vida de los peces; Lasker (1975, 1978, 1981) indica que la sobrevivencia larval puede estar en función de la estabilidad del océano; si la turbulencia es fuerte debido a surgencias, tormentas, etc., las concentraciones de alimento pueden dispersarse y disminuir el número de partículas alimenticias, reduciendo la densidad de capas de alimentación e impidiendo la sobrevivencia larval.

Buttler y Methot (1983), señalaron que en la anchoveta resultaron buenas clases anuales del reclutamiento a partir de la estación pico del desove, mientras que las clases pobres resultan de fracasos durante este período.

Otra de las posibles causas de la baja registrada en las capturas de anchoveta en las dos últimas temporadas puede deberse al fenómeno

denominado "El Niño", el cual ha sido el más fuerte en los últimos años, comenzando en el Pacífico Tropical a mediados de 1982; incrementos en la temperatura superficial (superiores a 2°C) se observaron en California a principios de noviembre (Fiedler, 1983). Este mismo autor señala que el *stock* de reproductores de anchoveta en 1983 se caracterizó por una alta incidencia de reproductores viejos, dando como resultado una fecundidad y frecuencia de reproducción más baja, una maduración de huevos más rápida, una reducida mortalidad de los mismos, como consecuencia de temperaturas superficiales más cálidas. Laurs y Dotson (1983) señalan algunos impactos de "El Niño" de 1982-1983 en la distribución, tasas de crecimiento, factor de condición y capturabilidad de muchas pesquerías de la corriente de California.

Respecto al análisis de las capturas a través del tiempo, cabe señalar que uno de los grandes problemas de la ciencia pesquera, es que los conceptos que se han desarrollado para describir la dinámica de las poblaciones se sitúan en conceptos concretos, los cuales se utilizan en la construcción de modelos explicativos de los fenómenos naturales.

Uno de los conceptos más utilizados ha sido el de la captura por unidad de esfuerzo como un índice de la abundancia de la población y, pese a que los criterios en que se fundamenta no pueden cumplirse estrictamente para su aplicación en la pesquería de anchoveta, su utilización como tal se justifica por su pragmatismo y por los alcances que se pretende obtener de su aplicación, así como por no contar hasta el momento, con algún otro indicador de abundancia de las existencias a través del tiempo.

De acuerdo con Radovich (1976), los fenómenos biológicos son muy difíciles de modelarse, las variables involucradas son muchas y solamente permiten describirlos; en una población de peces, un modelo matemático no es una descripción precisa de la realidad.

Los diversos modelos aplicados en el presente estudio a la pesquería de anchoveta, resultan útiles en la medida de su aplicación, es decir, no son la búsqueda de una relación causa-efecto y mucho menos predictores de la realidad, aun cuando algunos de éstos resulten adecuados, son simplemente la búsqueda de asociaciones entre los parámetros en cuestión y dan una idea de la magnitud de dichas relaciones.

A partir de la asociación obtenida de la captura y el esfuerzo, podría sugerirse que la unidad de esfuerzo considerada (viajes) es apro-

piada y, en consecuencia, los factores de normalización son factibles de aplicarse a las unidades de pesca en próximas temporadas hasta no encontrar otros modelos que pudieran arrojar estimaciones más precisas.

La relación obtenida entre la CPUE y el tiempo, más que con el esfuerzo, reflejan un modelo dependiente del tiempo, lo cual dificulta la estructuración de un modelo explicativo de las variaciones de este índice de abundancia de la población, aún más cuando las condiciones ambientales son determinantes en dichas fluctuaciones.

El ajuste histórico de las capturas y esfuerzo de pesca obtenido con el método de Pella y Tomlinson para la pesquería de anchoveta, mostró una gran flexibilidad e inestabilidad en sus relaciones paramétricas, lo cual pudiera deberse a la no linealidad como lo señala Rivard y Bledsoe (1978); sin embargo, proporciona un buen ajuste gráfico, permitiendo con ello, una adecuada interpretación de la tendencia de la pesquería.

La tendencia estimada para la CPUE con series de tiempo sugiere para este año una temporada de pesca bastante baja, por lo que deberían tomarse medidas regulatorias para coadyuvar a la recuperación natural de la población.

Por último, podría considerarse que el desarrollo que ha mostrado la pesquería de la anchoveta, desde sus inicios como tal, la inconsistencia en los incrementos en sus tasas de captura, los cambios en la estructura poblacional y la tendencia general de la pesquería, son un reflejo de la inestabilidad de la población bajo condiciones no reguladas de pesca y cambios ambientales. Cushing (1971) señala que los clupeidos tienen menor capacidad para estabilizar sus poblaciones ante estas circunstancias, en comparación con otros peces, por lo que podría considerarse que la recuperación de la anchoveta no será a corto plazo.

Por todo lo anterior, cabe señalar que al lograrse los objetivos de este estudio se reafirma la necesidad de administrar racionalmente la pesquería de la anchoveta señalada por Villamar *et al.* (op. cit.) desde 1979, para lo cual deberá considerarse el acervo nacional de conocimiento sobre la anchoveta.

CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones más importantes, cabe mencionar que respecto a la biología del re-

curso a través del tiempo: las proporciones de los estadios gonadales no se mantienen, que ha cambiado la estructura de edad de los reproductores y que la proporción de hembras-machos ha disminuido.

La pesquería de anchoveta se ha sustentado inadecuadamente en individuos cada vez más pequeños, menores de un año de edad, sobre todo en las últimas temporadas de pesca. También se observó que las hembras son ligeramente mayores que los machos y ambos se reproducen a menor talla en el transcurso del tiempo.

El mes pico, la intensidad y la magnitud de la reproducción de la anchoveta, son variables año con año y el éxito reproductivo disminuyó en los años de 1976, 1978 y 1983, coincidiendo con temperaturas más elevadas.

En la fase extractiva, los factores de normalización del esfuerzo pesquero utilizados son factibles de aplicar a las unidades de pesca en las próximas temporadas. Asimismo, la captura por viaje promedio es un índice que refleja la disponibilidad del recurso anchovetero en el área de operación de la flota.

Los modelos de Schaefer y Fox no son aplicables a la pesquería de la anchoveta; sin embargo,

se observó que la captura y el esfuerzo pesquero se relacionan linealmente y que las variaciones en la captura por unidad de esfuerzo se explican mejor en términos de tiempo que de esfuerzo.

Con el método de Pella y Tomlinson se obtuvo una adecuada descripción de la tendencia de la pesquería de la anchoveta, que señala un rápido crecimiento y un desplome súbito, destacando que el volumen extraído de la población en 1981 fue de 32.6 por ciento, año a partir del cual decrecen notablemente las capturas de anchoveta a consecuencia de los fuertes cambios estructurales de la población, debido a una explotación inadecuada y a cambios ambientales importantes ("El Niño").

El modelo ajustado por series de tiempo para la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), resultó ser el más adecuado y se pronostican para 1984 las CPUE más bajas de todo el período analizado (1972-1983).

Por lo enunciado anteriormente, se puede concluir que los resultados obtenidos en el presente estudio son herramientas valiosas que pueden utilizarse para instrumentar la administración racional de la pesquería de la anchoveta en México.

LITERATURA CITADA

- ABRAMSON, N.J. 1971. Computer programs for fish stocks assessment. FAO Fisheries Technical Paper No. 101.3(-) 1.1. a 3. (-).1. 17.
- ANOKHINA, L.E. 1962. Some aspects of the fecundity of the Onega Gulf herring. Dake. Akad. Nauk SSSR, 142 (6).
- ANONIMO. 1974. Programa Anchoveta. Subsecretaría de Pesca INP/ SIC. Informe interno S/P.
- BLAXTER, J.H.S. y F.G. HOLLIDAY. 1963. The behaviour and physiology of herring and other clupeoid. *Advances in Marine Biology*. 1. 261-393.
- BOX, G.E. y G.M. JENKINS. 1976. Time series analysis: forecasting and control. Holden-day, San Francisco, 575 p.
- BUTLER, J.L. y R. METHOT. 1983. Birthdate distributions of recruit anchovies. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Annual Conference 1983. Idyllwild, California.
- CUSHING, D.H. 1969. Upwelling and fish production. FAO Fish Technol. Pap. 84, 40 p.
- .1971. The dependence of recruitment on parents stock in different groups of fishes. *Jornal du Conseil International pour l'exploration de la mer* 33, 340-362.
- .1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, 1-278 p.
- FIEDLER, P.C. 1983. Anchovy spawning off southern California during "El Niño" 1983. Calif. Coop. Ocean Fish Invest. Annual Conference 1983. Idyllwild, California.

- HJORT, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe. Rapp. Procés-verb. Cons. Int. Explor Mer, 20, 1-13.
- HUNTER, J.R. y S.R. GOLDBERG, 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin. U.S., 77, 641-652.
- HUNTER, J.R., KAUPP, S.E. y J.R. TAYLOR. 1981. Effect of solar and artificial ultraviolet-B radiation on larval northern anchovy *Engraulis mordax*. Photo Chemistry and Photobiology 34, 477-486.
- HUNTER, J. y R. LEONG. 1981. The spawning energetics of female northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin U.S. 79, 215-230.
- KLINGBEIL, R.A. 1978. Sex ratios of northern anchovy *Engraulis mordax* off southern California. California Fish and Game 64, 210-218.
- KRAMER, D., M. KALIN, E. STEVENS, J. THRAILKILL and J. ZWEIFEL. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larval in the California current region. S.A. Dep. Comm. NOAA tech Rep. NMFS 370: 38 p.
- LASKER, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull. U.S. 73, 453-462.
- 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current: identification of factor contributing to recruitment failure. Rapports et Procés Verbaux des Reun. Conseil International pour l'Explor. de la Mer 173, 212-230.
 - 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: Marine fish larvae: morphology, ecology and relation to fisheries. Lasker, Ed. University of Washington Press Seattle.
- LAURS, R.M. y R.C. DOTSON. 1983. U.S. fisheries along the Pacific west coast and the recent "El Niño". Calif. Coop. Ocean Fish. Invest. Annual Conference 1983. Idyllwild, California.
- LELEVIER, A. 1982. La captura por la unidad de esfuerzo en la pesquería de anchoveta norteña *Engraulis mordax* durante las temporadas de pesca de 1972-1978. Tesis profesional. Esc. Sup. Ciencias Marinas, UABC. 1-56 p.
- METHOT, R.D. 1981. Growth rates and age distributions of larval and juvenile northern anchovy *Engraulis mordax* with inferences on larval survival. Ph. D. dissertation, University of California at San Diego, 206 p.
- MONASTYRSKII, G.N. 1940. Methods of evaluating the roach stocks of the North Caspian. Trudy VNIRO. 11.
- NIKOLSKII, G.V. 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation management of fisheries resources. Oliver and Boyd. Edinburgh 1-323 p.
- PELLA, J.J. y P.K. TOMLINSON. 1969. A generalized stock production model. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 13 (3): 421-428.
- PERSOV, G.M. y O.F. SAKUN. 1962. State of sex glands in *Oncorhynchus gorbusha* Walb in relation to acclimatization in the white and Barents Seas. Uch. Zap. Leningrad. Univ., No. 311, issue 48.
- RADOVICH, J. 1976. Catch per unit of effort: fact, fiction or dogma. CalCOFI rept. 12: 31-33.

- RIVARD, D. y L. J. BLEDSOE. 1978. Parameter estimation for the Pella-Tomlinson stock, production model under none equilibrium conditions. *Fish. Bull.* 76 (3): 523-534.
- ROBSON, D.S. 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *Res. Bull. Inter. Comm. N.W. Atlant, Fish* (3): 5-14.
- ROMANYCHEV, O.D. 1962. Spawning of the carp bream, common carp and roach in various ecological conditions in the delta of the Amu Darya. *Vopr. Ekologii*, 5.
- VILLAMAR, A. *et al.* (en prensa). Análisis y propuesta nacional para la administración de la pesquería de anchoveta. Dpto. de Pesca. Dir. Gral. del Instituto Nacional de la Pesca. Programa Anchoveta, septiembre de 1979, 244 p.
- VLAMING, V.L. 1972. Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. *Journal of Fish Biology* 4, 131-140.
- ZAMAKHAEV, D.F. 1959. Types of size sex relation in fish *Trudy Mosk. Tekhn. Inst. Rybn. Promyks. I. Khoz.* No. 10.