

## Consideraciones sobre el control de la pesquería de sardina (*Sardina pilchardus* (Walb.)) de la costa de Castellón

por

J. RODRIGUEZ-RODA y M. G. LARRAÑETA

### ÁREAS Y ÉPOCAS DE PESCA

Existen dos áreas principales de pesca frecuentadas por la flota sardinera de Castellón, una situada a lo largo de la costa y la otra aguas afuera en las cercanías de los islotes de Columbretes. La pesca de la sardina comienza en la segunda quincena de marzo o primera de abril y termina en la primera quincena de diciembre, habiendo, por lo tanto, un período de los tres meses invernales en que a causa de las condiciones meteorológicas se hace difícil o si no imposible. En este último período la flota o se queda en Castellón, armándose para la pesca de arrastre, o emigra a aguas más cálidas al sur del cabo de la Nao, donde la pesca de la sardina es factible.

En lo que respecta al área a lo largo de la costa, a comienzos de temporada pescan en fondos de alrededor de 30 metros, y a medida que transcurre la estación va progresivamente aumentando la profundidad hasta llegar a unos 70 metros al final de la temporada, lo cual representa una distancia inicial a la costa de 2 millas y una final de 9 millas.

Las pescas se realizan desde Torreblanca a Almenara (Fig. 1). El área de Columbretes es frecuentada también durante toda la temporada, pero preferentemente a principios, ya que en esta época la sardina de los islotes es de mayor talla, y por lo tanto de mayor valor comercial que la de la costa. En general, el que los barcos vayan a Columbretes

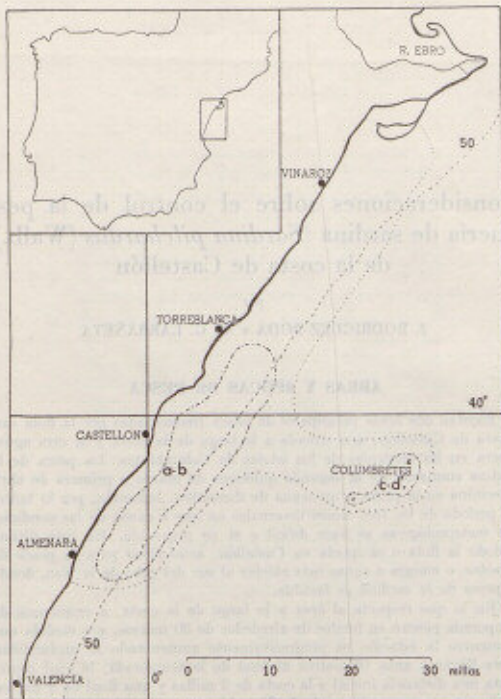


FIG. 1.—Situación de la pesquería. Línea a puntos, límite aproximado de la pesquería total. Línea a raya y punto, límites de las dos áreas estudiadas. Línea a trazo, isobata de los 50 metros.

o queden cerca de la costa, depende más del estado del tiempo que de otros factores. Al final de temporada, cuando la sardina costera es mayor, la preferencia de los pescadores por los caladeros de Columbretes ya no es tanta debido al aumento de valor de la sardina de la costa.

### RENDIMIENTO

En toda pesquería es de gran valor el cálculo de un índice que exprese la eficacia de la flota que actúa en ella. Resulta un método fácil y rápido de conocer su evolución y, en el caso de una apreciable regularidad de la intensidad de pesca, es un indicador de la mayor o menor abundancia de peces.

Consideramos como unidad de esfuerzo la cantidad pescada por un arte actuando durante un mes. En el Cuadro I se da la relación del total anual de sardina capturada desde 1945 a 1952, así como el número de unidades de esfuerzo desarrolladas. El cociente entre los kilogramos de sardina y las unidades de esfuerzo, nos da el rendimiento para cada año.

Agrupados los rendimientos de los ocho años en un solo colectivo y hecha una prueba *t* para averiguar la significación de las desviaciones de cada variante con respecto a la media (10.085'3), no se encontró ningún año en el que el rendimiento fuera claramente anormal, pues el valor más extremo, el del año 1952, tiene una probabilidad de pertenecer al colectivo de 0'17, siendo considerados sólo significativos los valores de *P* inferiores a 0'05.

ORTEGA (1942) encontró una interesante relación entre el éxito de las clases anuales de *Gadus callarias* de Lofoten y el crecimiento en espesor de los pinos cercanos a la costa. El autor supuso que los factores ambientales que influían en el mayor o menor desarrollo de los ani-

CUADRO I

Rendimiento medio anual por unidad de esfuerzo de la flota que pesca con artes de cerco (1945-1952)

AÑOS	KILOGRAMOS	UNIDADES DE ESFUERZO	RENDIMIENTO
1945 .....	1.792.177	326	7.928,99
1946 .....	2.795.187	257	10.876,21
1947 .....	1.763.674	277	6.438,26
1948 .....	4.443.160	393	11.461,75
1949 .....	2.797.293	373	7.518,59
1950 .....	2.894.597	317	9.099,30
1951 .....	3.397.546	280	12.134,54
1952 .....	3.254.540	280	11.623,36
Totales .....	24.262.169	2.466	$\bar{M} = 10.085,30$

los anuales del pino, deberían también influir en la supervivencia de las larvas de esta especie. Basándose en los estudios de ÖRDING, descubrió un ciclo evolutivo en el desarrollo de los anillos de los árboles, resultante de la interferencia de otros cuatro períodos regulares, pero de diferente longitud de onda, que seguía bastante próximamente las fluctuaciones de la pesquería, dando una correlación (según 55 años de observaciones) de 0'84. Esto sugiere la importancia de las observaciones meteorológicas en el control de una pesquería. Cualquier estudio de esta naturaleza requiere cronológicamente un extenso acopio de datos, sólo disponibles en laboratorios de suficiente antigüedad. Sin embargo, hemos realizado un intento de asociación entre los datos del rendimiento

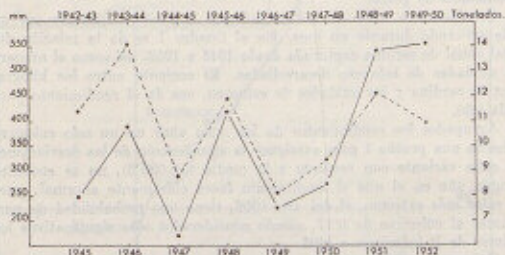


FIG. 2. — Relación entre las lluvias caídas y el rendimiento dos años más tarde. Línea continua, rendimientos. Línea a trazos, lluvias. Abcisa superior, años de lluvias. Abcisa inferior, años de rendimiento.

de que disponemos (1945-1952) y la lluvia, principal determinante del ambiente. Los datos de lluvia proceden solamente de un observatorio existente en el puerto de Castellón.

La relación más acentuada se encontró asociando la cantidad de lluvia caída desde el mes de julio de un año a junio del siguiente con el rendimiento medio anual de dos años más tarde. La figura 2 muestra la forma en que se realiza esta asociación. Aunque a primera vista parece existir una indudable dependencia entre los anteriores factores, realizado el cálculo del coeficiente de correlación dió un valor de +0'42, con un error «standard» de 0'29, lo cual hace que los resultados deban tomarse tan sólo como sugeridores, ya que si bien el coeficiente de correlación es apreciable su error standard es elevado, debido al escaso número de datos.

CUADRO II

Rendimiento medio mensual por unidad de esfuerzo de la flota que pesca con artes de cerco (1945-1952)

MESES	KILOGRAMOS	UNIDADES DE ESFUERZO	RENDIMIENTO
Febrero .....	22.631	22	1.028,68
Marzo .....	504.874	170	2.969,60
Abril .....	1.462.200	242	6.166,11
Mayo .....	2.653.028	243	10.917,81
Junio .....	3.313.294	259	12.792,60
Julio .....	3.691.393	270	13.671,49
Agosto .....	2.502.342	274	9.132,63
Septiembre .....	2.493.686	271	9.201,72
Octubre .....	3.222.093	271	12.258,31
Noviembre .....	3.116.193	229	13.607,83
Diciembre .....	1.150.445	149	7.722,45
Totales .....	24.262.149	2.406	M=10.085,30

Podría ocurrir que el éxito en el rendimiento estuviera relacionado principalmente con las lluvias caídas en una determinada época del año. Calculado el coeficiente de correlación entre el máximo pluvial de primavera y el rendimiento al cabo de dos años, dió un valor de +0'31, con un error standard de 0'32. Realizada la misma prueba entre el máximo pluvial de otoño y el rendimiento al cabo de tres años, se obtuvo un coeficiente de correlación de +0,13 con un error standard de 0,35, datos que no conducen a ninguna conclusión.

Un estudio concienzudo debería incluir datos de una serie adecuada de estaciones meteorológicas, sobre todo de la cuenca del río Ebro, principal aportador de aguas continentales en el mar del Levante español.

También se ha estudiado la variación del rendimiento a lo largo del año, calculándolo para cada mes (Cuadro II). Las observaciones están hechas sobre datos de los ocho últimos años. Durante el mes de enero la pesca cesa por completo, en febrero los pocos intentos que se realizan obtienen escaso éxito. Como ya se dijo, propiamente la temporada comienza en marzo, siendo aún bajo el rendimiento. A partir de abril aumenta fuertemente, alcanzando un máximo en los meses de junio y julio, para decaer en agosto y septiembre y volver a ascender en octubre y noviembre, decayendo por último en diciembre, mes en el que cesa la temporada pesquera. En la gráfica inferior de la figura 3 se representa la variación mensual media del rendimiento desde 1945 a 1952. En ella aparecen los dos modos de junio-julio y octubre-noviembre. Parece sugerir la existencia de dos poblaciones diferentes, pero hecha una prueba de homogeneidad por medio de  $\chi^2$ , entre las distribuciones de frecuencias de las tallas para ambos periodos, dió una probabilidad de pertenecer a un mismo colectivo entre 0,95 y 0,98, lo cual



indica que el descenso del rendimiento observado en agosto y septiembre no se debe a la desaparición y aparición de poblaciones distintas, sino que se trata, más probablemente, de la existencia de condiciones ambientales que hacen menos eficaz la acción de la flota sobre la población de peces. La anterior prueba de  $\chi^2$  fue hecha sobre frecuencias que representaban números absolutos de peces (en total, 344,15 millones de ejemplares) deducidos de las muestras y ajustados con los datos de las estadísticas de pesca.

Al igual de lo hecho para el rendimiento de año en año con respecto a las lluvias, hemos tratado de encontrar una relación entre la variación mensual del rendimiento y la temperatura superficial del agua. En la gráfica inferior de la figura 3 se representan ambas variaciones, siendo la de la temperatura expresión de los valores medios durante tres años (1950-52). A partir de los 15 grados centígrados parece aumentar visiblemente el rendimiento, coincidiendo en el mes de julio (25-26°) un máximo para ambas variantes, sin embargo, en agosto, mientras la temperatura permanece alta, el rendimiento experimenta un evidente descenso para aumentar después en octubre y noviembre cuando la temperatura del agua es de 18 a 22°. En conclusión, no es posible dar un óptimo referido a las temperaturas superficiales del agua. Las gráficas correspondientes a los años 1950, 1951 y 1952 denotan el grado de variabilidad de ambos factores. Así como la variación de la temperatura en estos años es relativamente homogénea, la del rendimiento es muy fluctuante, pudiéndose presentar los dos máximos anuales (1952), uno solo (1951), o ninguno de ellos (1950).

### UNA CRÍTICA DEL VALOR REPRESENTATIVO DE LOS HISTOGRAMAS

Es frecuente en la técnica ictiológica la unión simple de varias muestras para interpretar la composición de una población de peces, aunque en muy escasas circunstancias una muestra total así formada refleje la verdadera composición de la población.

Un sencillo ejemplo nos puede dar idea de la facilidad con que pueden cometerse grandes errores. Supongamos que la flota pesquera actúa durante un día sobre un banco de peces de un año de edad. De la captura comercial separamos una muestra constituida de cien ejemplares. A continuación la flota actúa dos días sobre un banco de igual número de peces que el anterior pero todo él constituido por individuos de dos años, consecuentemente habremos obtenido también dos muestras de cien ejemplares. Si nosotros hacemos ahora la reunión de las tres muestras en un solo grupo, llegaremos a la conclusión de que el número de

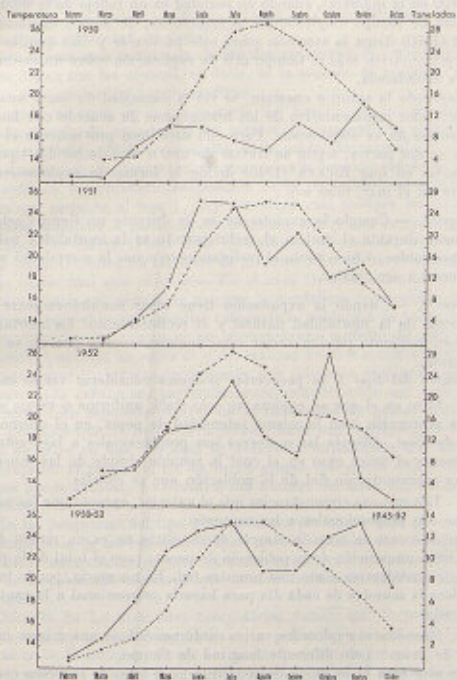


FIG. 3. — Variación mensual del rendimiento en relación con la temperatura superficial del agua del mar. Línea continua, rendimiento. Línea a trazos, temperatura en grados centígrados.

individuos de dos años (200 en la muestra) es doble que el de los de un año (100 en la muestra), cuando en realidad es un reflejo de la diferente cantidad de tiempo empleado en la explotación de ambos cardúmenes. SERRE (1950) llama la atención sobre este particular y dice que las pescas representarían más el tiempo útil de explotación sobre un cardumen que su abundancia.

Planteada la anterior cuestión, se vió la necesidad de hacer una crítica del valor representativo de los histogramas de acuerdo con las circunstancias de su elaboración. Para ello dividimos previamente el problema en dos partes, según se tratase de uno u otro de los dos tipos de pesquerías en que RICKER (1940) divide la forma de explotación del hombre en el mar, tales son :

Tipo 1. — Cuando la explotación se da durante un tiempo estacional corto, durante el cual ni el reclutamiento ni la mortalidad natural son apreciables, o bien tanto el reclutamiento como la mortalidad natural vienen a ser iguales.

Tipo 2. — Cuando la explotación tiene lugar simultáneamente con el proceso de la mortalidad natural y el reclutamiento. La mortalidad y el reclutamiento pueden variar estacionalmente cada uno en su propia forma.

Dentro del tipo 1 de pesquerías podemos considerar varios casos :

a) Caso en el que se explota un solo stock uniforme o varios en la misma proporción (con la misma intensidad de pesca, en el mismo número de días). Además las muestras son proporcionales a las capturas.

Este es el único caso en el cual la reunión simple de las muestras da una representación fiel de la población que se estudia.

b) Las mismas circunstancias que el anterior, excepto que las muestras no son proporcionales a las capturas.

En este caso la reunión simple de muestras no es un reflejo de la verdadera composición de la población de peces ; pero el total de la pesca sí puede considerarse como una muestra fiel. Es necesario, por lo tanto, modificar la muestra de cada día para hacerla proporcional a la cantidad capturada.

c) Cuando son explotados varios cardúmenes bajo una misma intensidad de pesca ; pero diferente longitud de tiempo.

En este caso ni la unión de muestras ni el total de la pesca comercial son representación de la verdadera composición de la población de peces.

d) Cuando son explotados varios cardúmenes la misma longitud de tiempo, pero bajo una diferente intensidad.

Tampoco en este caso, ni la reunión de muestras ni el total de



la pesca comercial son representación de la verdadera composición de la población de peces.

e) Utilizando varios cardúmenes cada uno con diferente longitud de tiempo e intensidad de pesca.

Siendo este caso la reunión de los dos anteriores, las conclusiones a que se llegan son las mismas, es decir, ni la reunión de muestras ni las pescas comerciales son representativas.

Cuando se trate de una pesquería del tipo 2, en ningún caso la reunión simple de muestras o los totales de las capturas comerciales pueden ser reflejo de la composición de la población natural.

Así vemos en que limitadas circunstancias la reunión simple de muestras reflejará la verdadera composición de la población que se estudia. En lo que respecta al tipo 1, hay necesidad casi siempre de modificar los datos obtenidos a partir de las muestras según una serie de ajustes señalados por SETTE (1950). Por ejemplo, en el caso b), será preciso hacer proporcionales los tamaños de los lotes a las capturas comerciales de las cuales han sido obtenidos. En el caso c), o en cualquier otro, el ajuste anterior nos permitirá conocer la verdadera composición de las capturas; pero al no ser éstas un reflejo de la población de peces comerciales, tampoco llegaremos a un conocimiento perfecto de ella. Será necesario, pues, en los casos c) y d), realizar los dos convenientes ajustes para salvar los errores derivados de una diferente proporción de pesca para cada cardumen, particularmente cuando éstos son explotados en épocas bien separadas dentro de la temporada de pesca, porque es muy probable que de uno a otro período haya una variación en el número de artes en uso. De aquí se deduce la importancia que tiene el descomponer la pesquería en los varios grupos con cierta independencia de que puede constar, y el control del número de artes que actúan sobre ellos.

En las pesquerías del tipo 2 no podemos por ahora más que conocer la composición de las capturas. Según nuestra opinión, en estas pesquerías dicha composición no está necesariamente más cercana a la realidad de la población comercial que la muestra común resultante de las parciales.

Después de los anteriores comentarios vemos que lo primero que habría que hacer es señalar cuál es la población problema de peces, que se trata de estudiar. Puede ser la composición de las pescas comerciales, y en este caso, que es el más sencillo, no habrá mayor dificultad que la de ajustar las frecuencias de las muestras de acuerdo con las capturas. Si de lo que se trata es de conocer la población de peces comerciales, entonces habrá que tener en cuenta si la pesquería pertenece al tipo 1 ó 2 de RICKER, con los subsiguientes comentarios. Si se tratase de estudiar la población natural habría que controlar, además, la abun-

dancia de los individuos aun no reclutados a la pesquería comercial y la de los adultos que emigran del área de pesca.

### COMPOSICIÓN DE LA PESQUERÍA

Consideramos pesquería de estudio la formada por la sardina que queda bajo la influencia de los artes empleados por la flota pesquera con base en el puerto de Castellón. Nuestra impresión es de que esta pesquería está integrada dentro de otra más amplia, determinada por la acción conjunta de las flotas pesqueras de los puertos vecinos; no obstante, esta pesquería parcial, determinada por la flota de Castellón, ocupa el área más importante de la total. Parece ser que la parte más importante no controlada por esta flota, es la que se extiende hacia el norte hasta la desembocadura del río Ebro. En la figura 1 aparecen situados, con una línea de puntos, los límites aproximados de la pesquería total. Los desembarcos de mayor importancia se realizan en el puerto de Castellón, siguiendo los realizados en el de Vinaroz, que representan una cuarta parte. Los demás puertos suman un total de desembarcos muy inferior al de los dos anteriores. Es decir, que la sardina que estudiamos no pertenece al área total de la pesquería, pero sí a una gran parte de ella. La zona que se extiende frente a Vinaroz ha sido estudiada recientemente por PLANAS y VIVES (1952).

Según se dijo anteriormente, al estudiar una población de peces comerciales, conviene considerar bajo qué tipo de explotación de los descritos por RICKER está comprendida. Creemos, como también señala SILLIMAN (1950), que una pesquería de sardina está más cerca de la del tipo 2. En esta así conceptuada pesquería, no podemos esperar que ni el total de la pesca comercial ni la unión simple de muestras nos den un reflejo exacto de la población problema; por otra parte, no ocurre siempre necesariamente, ni aun siquiera probablemente, que la captura total esté más cercana en su composición a la población comercial que la deducida de la reunión de las muestras estudiadas. Consecuentemente, las conclusiones se han basado en muestras que no han sufrido ninguna clase de ajustes. La confianza en el método de trabajo la hemos basado en que si no exactamente, una numerosa reunión de muestras será casi siempre un reflejo de la verdadera composición de la población comercial, y también que un mismo fenómeno se vea repetido en una serie de años.

Según ya se dijo en la introducción, las pescas acostumbra a localizarse en dos áreas relativamente independientes, una situada frente a la costa y la otra en las cercanías de los islotes de Columbretes. La sardina se captura normalmente con el arte de cerco llamado «traña» y

sólo de forma esporádica y en pequeña cantidad con los de arrastre. Habiéndose observado, que según el área o el arte parecía variar la composición de tallas de la sardina, se dividió su estudio, dentro de cada año, en los cuatro grupos siguientes:

a. — Sardina pescada con artes de luz frente a las costas de Castellón.

b. — Sardina pescada con artes de arrastre frente a las costas de Castellón.

c. — Sardina pescada con artes de luz en el área de Columbretes.

d. — Sardina pescada con artes de arrastre en el área de Columbretes.

PLANAS y VIVES (1952), al estudiar la sardina capturada frente a las costas de Vinaroz e islotes de Columbretes, sintieron también la necesidad de hacer una división según el arte y área de pesca.

En las figuras 4 y 5 se dan los histogramas de frecuencias de tallas de cada uno de los cuatro anteriores grupos, para los años 1950, 1951, 1952 y el conjunto de los tres. El total de ejemplares estudiados es de 10.720, y la técnica es la empleada en trabajos anteriores. Consiste en la medición al milímetro desde el hocico hasta el extremo posterior de los lóbulos caudales, en ejemplares en fresco, antes de las doce horas de haber sido capturados.

Basaremos nuestro comentario de los histogramas en la conocida hipótesis de que la rama izquierda ascendente es expresión del fenómeno denominado «reclutamiento», y la rama derecha del llamado «mortalidad total». Suele entenderse por reclutamiento el paso de los peces de una talla sobre la que no actúan las redes a otra que permite capturarlos (RICKER, 1944), y por mortalidad total el coeficiente de descenso resultante de la acción conjunta de la mortalidad por pesca y la de por causas naturales (BARANOV, 1918, y RICKER, 1948).

a. — *Sardina pescada con artes de luz frente a las costas de Castellón.*

La forma de los histogramas para cada uno de los años coincide en términos generales, observándose en ellos un progresivo reclutamiento desde la talla de 6 cm. hasta la de 13 cm. En los años 1950 y 1952 aparece una clase modal de 9 y 10 cm. que debe corresponder a sardinas del grupo O. En el año 1951 no se observa tal fenómeno. En la gráfica para el período 1950-52, suma de los tres anteriores, la rama ascendente es uniformemente progresiva, ello demuestra que las sardinas del grupo O tienen un reclutamiento incompleto. La rama derecha, en los tres años, señala una mortalidad total acentuada.

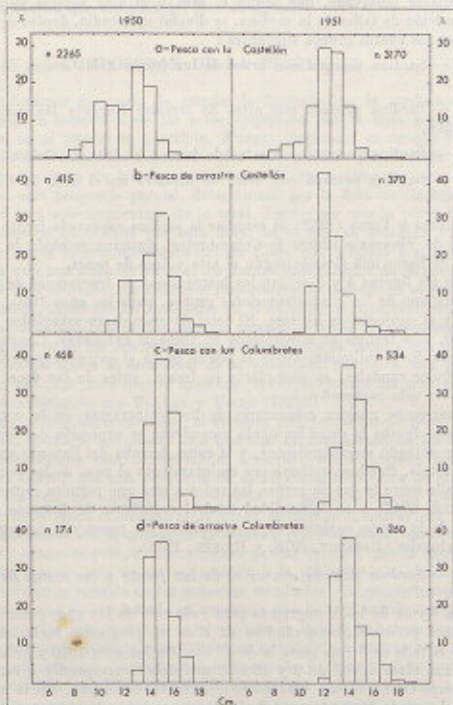


FIG. 4.—Histogramas de las frecuencias de tallas.

b. — *Sardina pescada con artes de arrastre frente a las costas de Castellón.*

En el año 1951 el reclutamiento es brusco, en contraposición a la mortalidad que se hace suave. Estas características son menos patentes en el año 1952 y aun menos que en 1950, donde quedan borradas. No obstante el histograma resumen de los tres años, tiende a expresar las características del año 1951. Es interesante observar la ausencia de las tallas 6, 7, 8 y también prácticamente 9 cm. Si se tiene en cuenta que los artes de arrastre de uso en la región pescan ejemplares de talla tan pequeña o más que los de cerco, se llegará a la conclusión de que parece no existir sardina propia de la clase O. De lo cual se deduce que este reclutamiento, relativamente brusco, no es sólo consecuencia del paso de las sardinias de una talla a otra, sino también de la introducción en el área de pesca de inmigrantes procedentes de otras áreas, que en este caso no puede ser más que la pelágica. Es decir, que la sardina en sus primeros momentos es siempre pelágica y sólo a partir de una talla dada visita zonas profundas. También parece ser que las sardinias de 13 cm. en adelante sufren un descenso más brusco en su abundancia en la zona pelágica (grupo a) que las situadas a mayor profundidad (grupo b). Todo ello hace suponer que estos dos grupos de sardinias tienen en sus composiciones de talla características propias independientes.

c. — *Sardina pescada con artes de luz en el área de Columbretes.*

El reclutamiento en los tres años es relativamente brusco, presentando la mortalidad una curva más suave. Sin embargo, el histograma conjunto de los tres años es más bien simétrico, seguramente a causa de una compensación entre las clases modales de los tres años, que son diferentes. Es notable el hecho de que falten sardinias de tallas inferiores a 12 cm., lo cual prueba que es zona de inmigración. PLANAS y VIVES (1952) han comprobado también la ausencia de sardina joven en las pesqueros de Columbretes. Esta sardina ha sido estudiada también por NAVARRO (1944) y RODRÍGUEZ (1945), quienes han encontrado tallas medias de 145 mm. y 144 mm. respectivamente. La mortalidad es menos acentuada que en la sardina encontrada en el grupo «a».

d. — *Sardina pescada con artes de arrastre en el área de Columbretes.*

Presenta este grupo unas características semejantes al anterior, es decir, un reclutamiento brusco y una mortalidad más suave, coincidiendo en ambos grupos las clases modales de cada año.

Hasta ahora hemos visto que en el grupo «a» abundaban sardinias de talla pequeña que no se presentaban casi en Columbretes (c y d), siendo en esta zona más abundantes los individuos de mayor talla. Sin embargo, si en el grupo «a» elimináramos los ejemplares inferiores a



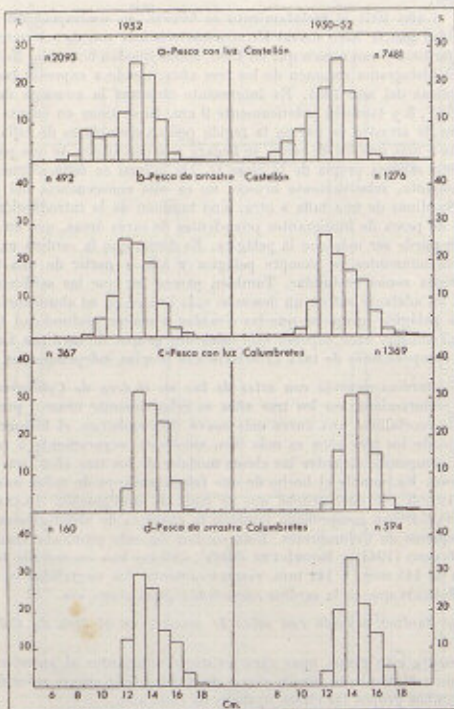


FIG. 3. — Histogramas de las frecuencias de tallas.

15 centímetros podríamos obtener la misma representación de las restantes tallas que la que aparece para la sardina de Columbretes, es decir, que corremos el peligro de que la abundancia de sardina joven deje empujando el porcentaje de individuos de 15 ó más centímetros en una forma no comparable con los de los restantes histogramas. Para resolver este problema hemos hecho un estudio particular de la distribución de frecuencias de más de 14 cm. entre los grupos suma del período 1950-52. Primeramente fueron comparados estos extremos de las ramas derechas de los grupos «a» y «c» (Cuadro III), por medio de una prueba de  $\chi^2$ , encontrándose un valor de 35,39, y si se tiene en cuenta que, para 4 grados de libertad de que consta la prueba, el valor de  $\chi^2$  para una probabilidad de homogeneidad de 0,001 es de 18,465, se comprenderá la acentuada heterogeneidad de las distribuciones de frecuencias con un significativo mayor coeficiente de descenso entre los ejemplares del grupo «a». Realizada la misma prueba estadística entre los grupos «a» y «b» (Cuadro III), se obtiene un valor de  $\chi^2$ , para 4 grados de libertad, de 40, demostrándose de nuevo una alta heterogeneidad consistente en que los ejemplares pescados con artes de luz experimentan un descenso en su abundancia superior al de los pescados con artes de arrastre, dentro de la misma localidad (zona costera). Haciendo la misma prueba entre las sardinias pescadas con artes de luz y arrastre en el área de Columbretes (grupos c y d), no encontramos tan destacada heterogeneidad, sino una más bien dudosa. Los resultados son los siguientes: grados de libertad, 4; valor de  $\chi^2$  de la prueba, 12,21; para una probabilidad de 0,02, un valor de  $\chi^2$  de 11,668, y para otra probabilidad de 0,01, un valor de 13,277. Tampoco parece existir ninguna clara heterogeneidad entre los ejemplares de los grupos «b» y «d». Resultados: grados de libertad, 4;  $\chi^2$  en la prueba, 7,79;  $\chi^2$  para una probabilidad de 0,1-7,78.

Resumiendo, podemos decir que el área de Columbretes es lugar de inmigración, pareciendo formar un conjunto homogéneo las sardinias pelágicas y las situadas a mayor profundidad. La zona costera del litoral

CUADRO III

Frecuencias absolutas y relativas de las sardinias de más de 14 cm. según el área y el arte de pesca (muestras de 1950-52)

TALLA cm.	GRUPO a		GRUPO b		GRUPO c		GRUPO d	
	N	%	N	%	N	%	N	%
15	435	77	163	57,6	431	62	129	32
16	103	18,2	82	29	211	30,4	84	34
17	19	3,4	25	8,8	46	6,6	31	12,5
18	6	1,1	12	4,2	3	0,7	3	1,2
19	2	0,3	1	0,4	2	0,3	1	0,4
Totales ...	565	100,0	283	100,0	695	100,0	248	100,1

de Castellón presenta características diferentes. En la zona pelágica, el reclutamiento se realizaría según la definición dada de un paso de los peces de una talla sobre la que no actúan las redes a otra que permite capturarlos. Sin embargo, PLANAS y VIVES han encontrado distribuciones de frecuencias de talla con clases modales de 9 y 10 cm., empleando artes similares a los de Castellón. Si el reclutamiento en el grupo «a» fuera exclusivamente debido al paso de los peces de una talla en los que no son capturados a otra en que lo son, tal como se ha definido, probablemente encontraríamos clases modales inferiores a 12 cm. (1951) o 13 cm. (1950 y 1952). Todo esto hace suponer que en esta zona se produce una cierta inmigración de sardina joven. Tal hecho estaría en relación con lo dicho por PLANAS y VIVES (1952), autores que señalan un desplazamiento de sardina joven desde la desembocadura del río Ebro hacia el sur en dirección a nuestra área de estudio. Una vez situada la sardina en la zona pelágica de la región costera (grupo «a») sufriría una nueva emigración hacia el fondo, según parece deducirse de la ausencia de las tallas menores en los histogramas del grupo «b». Es decir, que en la zona costera hay arribazones de sardina joven, y en Columbretes, de sardina adulta.

Una técnica de marcaje resolvería la cuestión de si la sardina adulta que arriba a Columbretes procede de la zona costera, tal como parece lógico suponer. Un dato significativo se encuentra en el estudio de las curvas que forman los individuos de más de 14 cm. En la zona pelágica de la región costera se observa un descenso indudablemente más acentuado en la abundancia de estos ejemplares que en la zona pelágica y profunda de Columbretes. Ello puede deberse a una mayor intensidad de pesca en la región costera, pero sobre este particular aun no poseemos ninguna indicación. Queda la posibilidad, por tanto, de que el acentuado descenso en la zona costera sea consecuencia también de una emigración de los individuos adultos.

## ENSAYO DE UN CALCULO DE MORTALIDAD

Se debe a BARANOV (1918) el planteamiento del cálculo de la mortalidad dentro de una pesquería. Ya EDLER (1908, citq. de BARANOV) en *Pleuronectes platessa* había representado la abundancia de cada clase anual construyendo una gráfica en la cual puso en abscisas las edades y en ordenadas los logaritmos de las frecuencias. BARANOV interpretó las curvas así construidas y les dió un significado relacionándolas con la intensidad de explotación de la pesquería. Para ello supuso que en una población de peces sometida a una explotación basada en la captura de individuos comparativamente jóvenes, no tenían importancia las causas

de mortalidad dependientes exclusivamente de la edad. Es decir, que la mortalidad natural podía considerarse constante en las diferentes edades de los peces de talla comercial.

La figura 6, tomada del trabajo de BARANOV, está construida de la siguiente forma: en abscisas se coloca la talla del pez, y en ordenadas, las frecuencias. La curva descendente, representada por puntos en su primer trazo y luego por una línea continua, es lo que llama BARANOV «curva de la población». Los peces pequeños cogidos por el arte de pesca

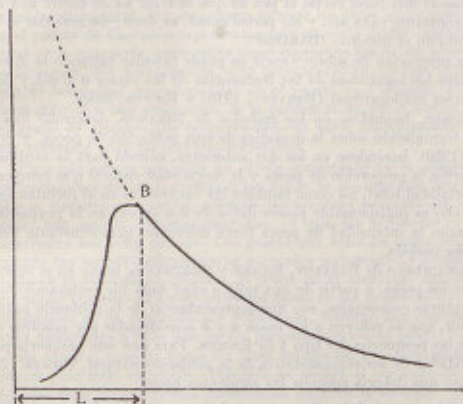


FIG. 4. — Curvas de la población natural y de pesca. (Tomado de BARANOV.)

escapan a través de las mallas y en mayor número cuanto menor sea su talla, pero a partir de una talla dada  $L$ , ya no pueden escapar a través del arte, y si las pescas son realizadas homogéneamente en toda la masa de la población, los individuos superiores a  $L$ , se presentarán en las capturas en una proporción representativa de su abundancia. La línea continua de la gráfica es lo que BARANOV llama «curva de pesca» y representa la abundancia de cada talla en las capturas comerciales. De acuerdo con lo anteriormente dicho, este autor distingue en dicha curva dos partes. Una izquierda hasta el punto  $B$ , que comprende los ejemplares menores a la talla  $L$ , que no es una buena representación de la verdadera curva

de la población; por el contrario, la rama derecha, a partir de B, coincide con la curva de la población. «Por lo tanto, dice BARANOV, el análisis de las pescas da una oportunidad para seguir la curva de mortalidad del pez de talla comercial». Si ponemos en ordenadas los logaritmos de las frecuencias y en abscisas las edades, siendo las mortalidades naturales y por pesca y la abundancia de cada generación cantidades constantes, la rama derecha de la curva de BARANOV será una línea recta. Si en vez de poner edades en las abscisas ponemos tallas, para que la rama derecha siga siendo una línea recta, el pez de que se trate ha de crecer una cantidad constante cada año y sin periodicidad, es decir, sin retardar el crecimiento en el invierno (BARANOV).

La proporción de sobrevivencia se puede calcular hallando la diferencia entre los logaritmos de las frecuencias de las clases  $n$  y  $n-1$  y deduciendo su antilogaritmo (BARANOV, 1918, y RICKER, 1948).

RICKER, basándose en los trabajos de BARANOV, desarrolló una extensa formulación sobre la dinámica de una población de peces, y SILLIMAN (1950), basándose en los dos anteriores, calculó para la sardina de California la proporción de pesca y la mortalidad natural que componían la mortalidad total, así como también las variaciones en el reclutamiento. Para ello es indispensable poseer datos de dos épocas en la pesquería en las cuales la intensidad de pesca fuera diferente, pero constante dentro de cada período.

Los trabajos de BARANOV, RICKER y SILLIMAN se basan en el supuesto de que los peces, a partir de una talla o edad dada (de reclutamiento) de las capturas comerciales, son una representación de la población natural, es decir, que se refieren a los casos  $a$  y  $b$  considerados por nosotros dentro de las pesquerías del tipo 1 de RICKER. Para que una pesquería posea la condición de ser representativa de la población natural, RICKER (1940) propuso que debería cumplir las siguientes bases:

1. La cantidad de esfuerzo gastado con respecto a la pesca se distribuye uniformemente en toda la zona geográfica de la especie durante la estación de pesca.

2. No hay competencia de unos artes de pesca con otros al tratar de coger los peces durante la estación o en el mismo instante.

En el caso particular de nuestra pesquería parece que la mayor dificultad estriba en que, debido a que el reclutamiento y la mortalidad natural se dan de alguna forma durante la estación de pesca, ha de ser considerada como más cercana a las del tipo 2 propuesto por RICKER. Sin embargo, SILLIMAN (1950), al estudiar la población de sardinias de las costas de California, aun aceptando esta misma opinión, cree que las suposiciones presentadas por RICKER sobre las pesquerías, para poder aplicar los cálculos de estadísticas vitales, pueden ser extendidas a las



del tipo 2, aun admitiendo que «ello no es verdad estrictamente para una pesquería de sardina, sobre todo en lo que se refiere a la distribución uniforme del esfuerzo de pesca». SILLIMAN considera la exactitud de los cálculos en aquella extensión en que las suposiciones básicas son verdad.

Aun admitiendo que la formulación de las estadísticas vitales para las pesquerías del tipo 1 sean aplicables a la nuestra de sardina, hemos de señalar que nada sabemos aún sobre la proporción en tiempo e intensidad con que han sido explotadas el área costera y la zona de Columbretes, indispensable para ajustar la cantidad pescada a las proporciones de la población natural. Por otra parte, aunque los datos de los desembarcos en el puerto de Castellón representan una mayoría de las capturas realizadas en la pesquería, convendría tener en cuenta los de los otros puertos de la región. En consecuencia, sólo pretendemos conocer la composición de las pescas desembarcadas en el puerto de Castellón, siendo los datos obtenidos una estimación de la población de peces comerciales en un grado de significación proporcionado al valor representativo que de esta población sean las capturas estudiadas.

Para ello hemos realizado un ajuste consistente en la adaptación de las frecuencias de las muestras a los datos de las capturas comerciales. Sólo se tuvieron en cuenta, además, las sardinias pescadas con artes de cerco, que son la inmensa mayoría, ya que las obtenidas con artes de arrastre son muy escasas. Las pescas con artes de cerco se efectúan durante las noches de luna nueva y cuartos menguante y creciente, cesando en el plenilunio; así pues, la pesca no es continua, sino periódica por meses lunares. El ajuste entre los datos de las muestras y las pescas comerciales se ha realizado por «oscuros», término con que los pescadores denominan a cada uno de los períodos lunares de pesca.

Se suma el peso de todos los lotes estudiados y a esta cantidad llamamos peso total estudiado. También se realiza el cómputo en kilogramos del total de las pescas comerciales durante la estación, que es el peso total pescado. Luego se determina el peso del conjunto de muestras estudiadas durante un oscuro, similarmente se registra el peso total de las pescas en cada uno de estos períodos. El conjunto de muestras estudiadas en cada oscuro se une en una sola, anotando su peso total. Luego se determina el peso que esta muestra debería haber tenido para que fuera proporcional a las capturas realizadas, de la siguiente forma:

$$P = \frac{\text{peso pescado en un oscuro} \times \text{peso total estudiado}}{\text{peso total pescado}}$$

Este valor P se divide por el peso estudiado en un oscuro, obteniéndose el coeficiente de transformación por el que hay que multiplicar cada frecuencia de la muestra común del oscuro para que quede ajustada. Si queremos conocer el número absoluto de ejemplares pescados, hemos

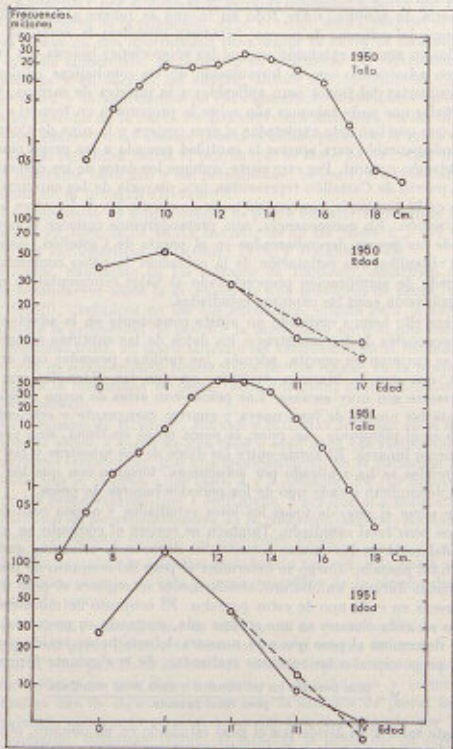


FIG. 7.—Curvas de pesca según tallas y edades.

de multiplicar las frecuencias ajustadas por la relación entre el peso de la sardina pescada y el de la estudiada en un mismo período de tiempo.

El cálculo de la distribución de frecuencias por edades se ha realizado basándose en los datos dados para la sardina de Castellón por ANDREU, RODRÍGUEZ-RODA y GÓMEZ LARBAÑETA (1950). Estos autores dieron los siguientes datos para las diferentes líneas invernales, que pueden ser tomadas como líneas anuales por tener lugar la freza en esta época del año:

$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
108.6 mm.	134.4 mm.	147.2 mm.	152.4 mm.	161.6 mm.

Se han considerado de la clase anual 0 todos los ejemplares que no alcanzaban la talla de  $L_1$ ; de la clase anual I, los comprendidos entre  $L_1$  y  $L_2$ ; de la clase anual II, los entre  $L_2$  y  $L_3$ ; de la clase III, entre  $L_3$  y  $L_4$ , y de la clase IV, los entre  $L_4$  y  $L_5$ , no incluyéndose en la gráfica los ejemplares mayores a  $L_5$ .

En las figuras 7 y 8 se dan las gráficas obtenidas en cada año y en el período 1950-52 de las distribuciones de frecuencias de tallas y edades, colocando en las ordenadas los logaritmos de las frecuencias.

Suponiendo que el reclutamiento, la mortalidad total y el crecimiento sean constantes, como ya se dijo anteriormente se obtendrá en la rama derecha de las distribuciones de tallas una línea recta. Cuando el crecimiento es menor cada año, como ocurre en la sardina, se producirá una convexidad hacia el final de la curva, como consecuencia de la acumulación de individuos de varias edades en un corto espacio de tallas (BABANOV, 1918). Este fenómeno, en ninguno de los tres años considerados se aprecia con claridad, e incluso en 1950 aparece una concavidad (clase 18 cm.) en lugar de una convexidad. El año 1951 presenta una rama derecha notablemente recta. Esta forma de curva, un trazo más o menos recto de la rama derecha, ha de interpretarse como un aumento de la intensidad de pesca en los últimos tiempos o un mayor éxito de los reclutamientos más recientes. Si consultamos el Cuadro I veremos que en estos tres años la intensidad de pesca no sólo no ha aumentado, sino que incluso sufrió un descenso. Parece más lógico suponer que en 1951 se registró un reclutamiento más intenso, que fué causa del notable aumento del rendimiento en este año (fig. 2).

Más útil suele ser el estudio de las gráficas de frecuencias de acuerdo con la edad. La pendiente entre dos grupos de edades nos dará la proporción de mortalidad, y los cambios en la pendiente dentro de una misma gráfica, la historia de las fluctuaciones en la intensidad de pesca y el reclutamiento (RICKER, 1948). El hecho más notable que observamos es una concavidad en el grupo de edad III en los tres años. El que la con-

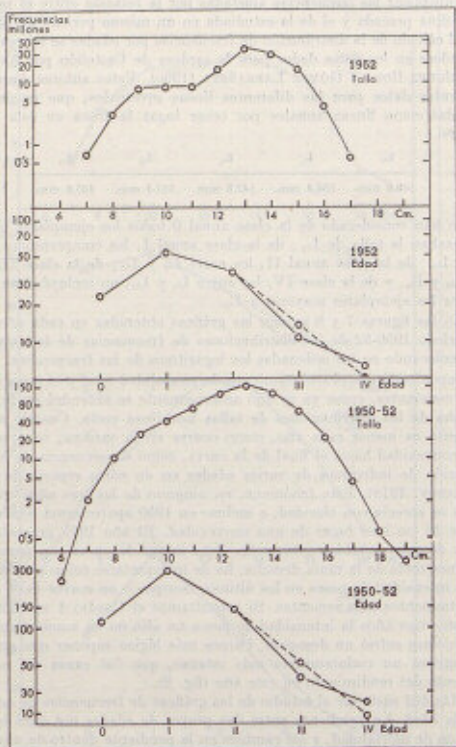


FIG. 3.—Curvas de pesca según tallas y edades.

cavidad se presente siempre en el mismo grupo de edad, hace pensar en una deficiencia de la técnica empleada, y será preciso ampliar, por tanto, los estudios sobre edad y crecimiento que los autores realizaron en 1950 en la sardina de Castellón. Para salvar este inconveniente, a partir de la edad II fué interpolada en cada curva una recta (línea de puntos) entre las ordenadas para las frecuencias de III y IV años.

El estudio de la pendiente de la rama derecha de las curvas de pesca no debe ser realizado a partir de la clase modal, sino que prudentemente ha de comenzarse algo más a la derecha en un punto donde el reclutamiento parezca ser definitivo (RICKER, 1948). Como posiblemente la rama izquierda ascendente de la curva de pesca puede considerarse como la de la distribución de reclutas, será conveniente tomar a la derecha de la clase modal tantos años como hay desde ésta a la primera, que representa a los peces más jóvenes (RICKER, 1948). Por este motivo, sólo tomaremos en consideración la pendiente de la curva a partir de la edad II.

Dentro de cada año ha sido calculada la mortalidad total entre los grupos de edad I-II, II-III, III-IV y línea de interpolación. Los resultados se dan en el Cuadro IV.

En 1950 se observan unos coeficientes de mortalidad bajos, lo que hace suponer que el reclutamiento en este año fué pobre frente al que debió de producirse años antes, que posiblemente fué causa del buen rendimiento encontrado en 1948 (fig. 2), y dando también a la clase de edad IV una buena representación. En 1951 se observan coeficientes de mortalidad altos, confirmando la impresión sacada de la gráfica de tallas (fig. 7) y de la variación anual del rendimiento (fig. 2) de un nuevo reclutamiento abundante. El año 1952 presenta características intermedias entre los dos anteriores.

RICKER (1948), para salvar los inconvenientes derivados de la variabilidad del reclutamiento, recomienda la combinación de las muestras de varios años sucesivos. En la figura 8 aparecen las gráficas obtenidas de la distribución de frecuencias de tallas y de edades del período 1950-52. Los coeficientes de mortalidad total deducidos se dan en el Cuadro IV. El

CUADRO IV  
Coeficientes de mortalidad

Años	EDADES			
	I-II	II-III	III-IV	INTERPOLACIÓN
1950 .....	0.48	0.64	0.11	0.50
1951 .....	0.66	0.79	0.41	0.70
1952 .....	0.32	0.72	0.42	0.63
1950-52 .....	0.52	0.73	0.37	0.65





## RESUMEN

Se describe la pesquería de sardina que se analiza ulteriormente, dando su situación, sus áreas más importantes y la duración de la estación de pesca.

Por medio de un cálculo del rendimiento se pretende conocer la evolución sufrida en los últimos años. Se calculó la correlación entre las lluvias y el rendimiento al cabo de dos años, encontrándose un valor positivo de 0.42, con un error standard de 0.29. Estudiada la variación del rendimiento a lo largo de la estación de pesca se encontraron dos máximos: uno en junio-julio y otro en octubre-noviembre, lo cual parece indicar que el rendimiento no depende de una temperatura óptima del agua del mar.

Se expone una crítica del valor representativo de los histogramas de frecuencias según las circunstancias de su elaboración, para una mejor utilización posterior de ellos, llegándose también a la conclusión de la necesidad de estudiar los posibles grupos con una cierta independencia de que esté compuesta la pesquería, así como de llevar un registro de la intensidad de pesca con que es afectado cada uno de ellos. De acuerdo con lo anterior se descompone la pesquería estudiada en dos partes: una situada a lo largo del litoral y la otra en las cercanías de Columbretes.

Se ensaya un cálculo de mortalidad basado en la composición de las capturas comerciales. Una cifra probable parece ser 0.65, que indica una explotación de intensidad media de la pesquería.

## AGRADECIMIENTO

Nos es grato hacer constar nuestro reconocimiento al señor J. SASZTÁK, encargado del observatorio meteorológico de la Junta de Obras del Puerto, y a la Cofradía de Pescadores de «San Pedro del Grao de Castellón» por su amabilidad en la aportación de datos. También nuestro agradecimiento a la señorita F. COMA, a la laborante señorita M. D. SOCANA y al mozo patrón señor J. CARRAS, por su ayuda en la elaboración de los datos.

Laboratorio de Castellón, abril 1955  
PATRONATO «JUAN DE LA CIERVA»  
Instituto de Investigaciones Pesqueras

## SUMMARY

In relation with the sardine fishery in Castellón (East Spain) situation, chief areas and durability of the fishing season are given.

We have studied the yield in the last years, his evolution and his relation with the rain. The coefficient of correlation between the rain and the yield, two years after, is  $+0.42$ , with a standard deviation of 0.29.

In connection with the yield variation in the year, we have found that there are two maxima, one in June-July and other in October-November, therefore the yield do not depend of a «optimum» temperature of sea water.

A critical examination of the representative validity of the histograms is exposed, for a better understanding of them. We believe that is necessary to study all the possible groups with a certain independence, that compose a fishery and to register the intensity of fishing of them. Our fishery is decomposed in two parts: one in waters before the coast of Castellón and other around the small barren island of Columbretes.

The approximated mortality has been computed from the composition of the commercial catches. We have found it to be 0.65, that is a middle intensity of working in the fishery.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDREU, B., J. RODRÍGUEZ-RODA y M. GÓMEZ LARRAÑETA. — 1959. Contribución al estudio de la talla, edad y crecimiento de la sardina (*Sardinops pelcharodus* Walb.) de las costas españolas de Levante. *P. Inst. Biol. Apl.*, VII: 159-189.
- BARANOV, F. I. — 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Nauchnyi issledovatel'skii ikhtologicheskii Institut, Izvestiia I* (1): 81-128. (Traducción de W. E. Ricker.)
- FISHER, R. A., y F. YATES. — 1949. *Tablas estadísticas para investigadores científicos* (traducción). Ed. Aguilar, Madrid, 153 pp.
- NAVASO, F. DE P. — 1944. Contribución a la biometría de la sardina de España. *Sardinops pelcharodus* (Walb.). *Inst. Esp. Ocean. Not. y Res.*, Ser. II, 113: 1-19.
- OTTSTAD, P. — 1942. On periodical variations in the yield of the Great Sea Fisheries and the possibility of establishing yield prognoses. *Rep. Norw. Fish. Mar. Inv.*, VII (3): 3-11.
- PLANAS, A., y F. VIVES. — 1962. Contribución al estudio de la sardina (*Sardinops pelcharodus* Walb.) del Levante español (Sectores de Vinarez e Islas Columbretes). *P. Inst. Biol. Apl.*, X: 5-52.
- RICKER, W. E. — 1940. Relation of catch per unit efforts to abundance and rate of exploitation. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, V (1): 43-70.
- 1944. Further notes on fishing mortality and effort. *Copeia*, 1: 23-44.
- 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. *Indiana University Publ. Sc. Ser.*, 15: 1-101.
- RODRÍGUEZ, O. — 1945. Contribución al estudio de la sardina del Mediterráneo (*Sardinops pelcharodus* Walb.). *Luz Ciencias*, XI, 3: 7 pp.
- SETTE, O. E. — 1960. Structure of a research program to determinate how fishing affects the resources. *Special Scientific Report - Fisheries*, 15: 1-36.
- SILLING, R. P. — 1950. A method of computing mortalities and replacements. (*ibidem*), 15: 168-180.
- SNEDCOR, G. W. — 1963. *Métodos de estadística* (traducción). Acme Agency, Buenos Aires: 557 pp.